

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BÁSICAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS:
QUÍMICA DA VIDA E SAÚDE

AS REPRESENTAÇÕES SOCIAIS DA RADIAÇÃO NO CONTEXTO DO
ENSINO MÉDIO E A SUA ARTICULAÇÃO
COM OS CAMPOS CONCEITUAIS DE VERGNAUD

LISIANE BARCELLOS CALHEIRO

PORTO ALEGRE

2018

LISIANE BARCELLOS CALHEIRO

**AS REPRESENTAÇÕES SOCIAIS DA RADIAÇÃO NO CONTEXTO DO ENSINO
MÉDIO E A SUA ARTICULAÇÃO
COM OS CAMPOS CONCEITUAIS DE VERGNAUD**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação Educação em Ciências:
Química da Vida e Saúde do departamento de Bioquímica, Instituto de
Ciências Básicas e Saúde da Universidade Federal do Rio Grande do
Sul, como requisito para o título de doutora em Educação em Ciências:
Química da Vida e Saúde, sob a orientação do prof. Dr. José Claudio
Del Pino

PORTO ALEGRE

2018

CIP - Catalogação na Publicação

Calheiro, Lisiane Barcellos

As Representações Sociais da Radiação no Contexto do Ensino Médio e a sua articulação com os Campos Conceituais de Vergnaud / Lisiane Barcellos

Calheiro. -- 2018.

233 f.

Orientador: José Claudio Del Pino.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Ciências Básicas da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, Porto Alegre, BR-RS, 2018.

1. Representações Sociais. 2. Radiação. 3. Unidade de Ensino Potencialmente Significativa. 4. Campos Conceituais. I. Del Pino, José Claudio, orient. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BÁSICAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS:
QUÍMICA DA VIDA E SAÚDE

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Tese de Doutorado

AS REPRESENTAÇÕES SOCIAIS DA RADIAÇÃO NO CONTEXTO DO ENSINO
MÉDIO E A SUA ARTICULAÇÃO COM OS
CAMPOS CONCEITUAIS DE VERGNAUD

elaborada por

Lisiane Barcellos Calheiro

como requisito para obtenção parcial do grau de
Doutora em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde

COMISSÃO EXAMINADORA:

José Claudio Del Pino, Dr.

(Presidente/Orientador)

Agostinho Serrano de Andrade Neto, Dr.

Isabel Krey Garcia, Dra.

Marco Antonio Moreira, Dr.

Porto Alegre, 27 de fevereiro de 2018.

PARA
ADRIANO E PEDRO,
COM TODO O MEU AMOR.

AGRADECIMENTOS

Aos meus amores, meu filho Pedro e meu marido Adriano. Filho, tu és a fonte da minha vida e o amor que me fortalece, e Adriano, obrigada por me amar como sou, por ser esse homem maravilhoso e que me acompanha há tantos anos. A vocês minha eterna gratidão por serem essas pessoas especiais que fazem parte da minha vida, pelo amor incondicional e dedicação, e por tudo que vocês representam para mim. Adriano, agradeço por dividir comigo todas as alegrias e me auxiliar a superar obstáculos, pelas horas ao meu lado lendo cada frase, corrigindo e trocando ideias, ao mesmo tempo em que vibrávamos pelo “nascimento” de cada novo parágrafo deste trabalho, pela tua paciência, cuidado e carinho. A vocês, ofereço todo o esforço e dedicação depositado nesse trabalho que, tanto quanto eu, vocês vivenciaram. Amo vocês.

À minha mãe, por ser uma grande referência em minha vida, mesmo depois de falecida, através de sua memória. Agradeço pela vida e pela educação que me proporcionou, por me tornar uma mulher forte e apaixonada. Por me mostrar a importância da honestidade, do respeito ao próximo e que o amor é capaz de superar tudo.

Aos meus irmãos Edina e Iran, pelos exemplos que me proporcionaram, pelo amor e carinho com o qual sempre me acolheram em todos os momentos da minha vida. Meu carinho e agradecimento especial ao meu sobrinho Naiguel pelos sábados e domingos preparando e testando experimentos; tua ajuda e paciência foram fundamentais. À minha sogra pelas orações durante as minhas aflições e por acreditar que eu conseguiria. Obrigada por celebrarem minhas conquistas.

Ao meu orientador, professor Dr. José Claudio Del Pino, meu agradecimento pela oportunidade, pelo incentivo, pelo profissional que admiro, por me dar tranquilidade mesmo à distância, pela confiança e autonomia concedida.

Aos meus amados alunos e alunas da Escola Estadual Augusto Ruschi, que não mediram esforços para realizar as atividades propostas em sala de aula, com responsabilidade e dedicação; esses momentos se eternizaram.

À professora Dr^a. Isabel Krey Garcia, pela gentileza e prontidão em auxiliar-me em todos os momentos da escrita, pela leitura criteriosa e por todas as considerações apontadas. Obrigada pela amizade, incentivo, paciência e por acreditar que eu conseguiria concluir mais esta etapa de estudos em minha carreira profissional.

Agradeço aos professores da banca, professor Dr. Agostinho Serrano de Andrade Neto pela leitura atenciosa e por todas as considerações durante o processo de qualificação deste trabalho, e ao professor Dr. Marco Antonio Moreira pela leitura, pelo exemplo de profissional,

por me proporcionar, através da leitura de seu trabalho, um novo olhar sobre minha prática pedagógica, e pela disponibilidade em avaliar e contribuir com este trabalho.

Ao amigo e professor Dr. Joecir Palandi agradeço o incentivo, a dedicação, paciência, a colaboração e disposição para as discussões envolvendo a Física. Especialmente pela amizade, exemplo de pessoa e de profissional e por acreditar que eu conseguiria ser Doutora.

Ao amigo e professor Dr. Vicente Sarubbi, pelos ensinamentos nesta jornada, pela sensibilidade com o desconhecido, pelas palavras de incentivo, pelo exemplo de profissional, pelos diálogos à distância, e por compartilhar o seu conhecimento, essencial para o desenvolvimento desse trabalho, meu eterno agradecimento.

À Rosane, minha irmã de coração, por me apoiar em todos os momentos desta tese, por chorar comigo, por rir sem nenhum motivo, pelos passeios para compras de sapatos, pelos lanches acompanhados de cappuccino, pelos “puxões” de orelha, por ser essa fortaleza de mulher, por deixar o amor falar mais alto que a dor. Obrigada por fazer parte da minha vida.

À Maira, minha filha de coração, agradeço por me ouvir quase que todos os dias nestes dois últimos anos, por não me deixar desistir quando algo dava errado, por aquele abraço carinhoso nos corredores do CCNE. Tua juventude e garra me contaminaram. Estará sempre no meu coração.

Agradeço aos demais professores do PPGEQVS, por todas as discussões e ensinamentos, e ao Douglas pela sua disponibilidade e maneira gentil com que me auxiliou sempre que precisava tratar de assuntos administrativos que envolveram a realização do meu doutorado.

Agradeço, também, a todos aqueles que, direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho: amigas e colegas. Pela parceria e histórias compartilhadas tanto em Porto Alegre como em Santa Maria, nos encontros para um café, ou para um *chopp*. Obrigada pelas palavras de incentivo e pela bela e verdadeira amizade.

Por fim, agradeço Deus, onde encontrei amparo nos momentos difíceis, pela presença constante em minha vida e pela família maravilhosa que me proporcionou, pois sem ela eu não seria nada.

Nesses anos de mestrado e doutorado aprendi a agradecer pelas incertezas que me motivaram a buscar respostas. Aprendi a acreditar, a descobrir, a questionar e a saber que muito pouco eu sei e que mais ainda quero saber.

Muito Obrigada!

*“Não se acostume com o que não o faz feliz,
revolte-se quando julgar necessário.
Alague seu coração de esperanças, mas não deixe
que ele se afogue nelas.
Se achar que precisa voltar, volte! Se perceber que
precisa seguir, siga!
Se estiver tudo errado, comece novamente.
Se estiver tudo certo, continue [...]”*

Fernando Pessoa

RESUMO

Apresentamos, neste trabalho, as representações sociais da Radiação no contexto do Ensino Médio, articuladas com diferentes situações, a partir dos campos conceituais de Vergnaud. À luz dos referenciais teóricos das representações sociais, da aprendizagem significativa e dos campos conceituais, realizamos um estudo cujo objetivo foi analisar o processo de evolução do domínio do campo conceitual referente à Radiação, a partir das representações compartilhadas por alunos do Ensino Médio, por meio de diferentes situações. Estas situações foram implementadas através da elaboração, aplicação e avaliação de três Unidades de Ensino Potencialmente Significativas – UEPS, que são sequências didáticas fundamentadas em teorias de aprendizagens, e que favorecem a aprendizagem significativa dos alunos. A pesquisa foi realizada a partir de dois estudos de caso. No Estudo de Caso 1 predominou a perspectiva investigativa exploratória, com vistas a identificar as representações sociais da Radiação. No Estudo de Caso 2 desenvolvemos uma investigação explicativa, mais prática, com objetivo de visualizar e interpretar as representações emergidas do primeiro estudo a partir de diferentes situações. O estudo de caso 1 foi implementado nas três séries do Ensino Médio de uma Escola Estadual de Santa Maria, RS, e o Estudo de Caso 2 foi implementado em duas turmas da terceira série do Ensino Médio. Desenvolvemos, através das UEPS, situações visando interpretar os invariantes operatórios empregados pelos estudantes nos esquemas utilizados para resolver diferentes situações de radiações, bem como promover a aprendizagem significativa e o domínio do campo conceitual da Radiação. Como resultado do Estudo de Caso 1 e com base nos referenciais das representações sociais, observamos que a estrutura dessas representações é dada por uma possível centralidade fortemente marcada por três dimensões: a cognitiva, a ideológica/imaginária e a pragmática/material. Estas dimensões serviram de base para a construção das UEPS, abordadas no Estudo de Caso 2, as quais evidenciaram que a inclusão das diferentes radiações integradas aos conteúdos clássicos proporcionam resultados satisfatórios na aprendizagem dos estudantes, favorecendo mudanças em determinadas representações sociais. A análise dos resultados obtidos com os mapas conceituais e dos possíveis invariantes operatórios exemplificados em duas situações demonstraram indícios de aprendizagem significativa e uma possível evolução no domínio do campo conceitual da Radiação.

Palavras-chave: Campos Conceituais, Representações Sociais, Radiação, Unidade de Ensino Potencialmente Significativa – UEPS

ABSTRACT

In this work we present the social representations of Radiation within the high school context linked with different situations from Vergnaud's conceptual fields. In the light of the theoretical references of social representations, of meaningful learning and of the conceptual fields, we carried out a study with the objective of analyzing the construction process of the conceptual field referent to Radiation, from the representations shared by high school students by means of different situations. The situations were implemented through the elaboration, application and evaluation of the three Potentially Meaningful Teaching Units – PMTU), which are didactic sequences founded on learning theories that favor students' meaningful learning. The research was carried out from two case studies. For Case Study 1, an exploratory, investigative perspective was predominant, with aims towards identifying the social representations of Radiation. For Case Study 2, we developed a more practical, explanatory investigation with the objective of visualizing and interpreting the representations that resulted from the first study from different situations. Case study 1 was implemented in the three high school grades at a State School in Santa Maria, RS, and case study 2 was implemented in two high school third grade classes. Through the PMTU we developed situations aimed at interpreting the operational invariants employed by the students in their schemes used to solve different radiation situations, as well as to promote meaningful learning and mastery of the conceptual field of Radiation. As the result of case study 1 and based on the social representation references, we observed that the framework of those representations is provided by a possible centrality, strongly marked by three dimensions, namely, the cognitive, the ideological/imaginary, and the pragmatic/material ones. These dimensions served as the base for the construction of the PMTU covered by case study 2, which made evident that the inclusion of different radiations integrated with classical concepts provide satisfactory results in student learning by favoring changes in certain social representations. The analysis of the results obtained through conceptual maps and the possible operational invariants as exemplified by two situations show signs of meaningful learning and a possible evolution in the mastery of the conceptual field of Radiation.

Keywords: Conceptual Fields, Social Representations, Potentially Meaningful Teaching Unit – PMTU

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Desenho da pesquisa elaborado pela autora.....	70
Figura 2 – Fluxograma do processamento dos dados através do EVOC-2005.....	79
Figura 3 – Etapas da análise do conteúdo segundo Bardin (2011)	81
Figura 4 – Grafo da árvore máxima de similitude por coocorrência das palavras evocadas pelos sujeitos para o termo indutor Radiação.....	86
Figura 5 - Grafo da árvore de similitude das justificativas da palavra evocada sol.....	89
Figura 6 – Grafo da árvore de similitude das justificativas da palavra evocada raio-X..	90
Figura 7 – Grafo da árvore de similitude das justificativas da palavra evocada bomba atômica.....	91
Figura 8 – Forno de micro-ondas.....	99
Figura 9 – Antena parabólica	100
Figura 10 – Simulação https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/wave-on-a-string..	101
Figura 11 – Aparato do rádio de Galena.....	103
Figura 12 – Aparato utilizado na situação- problema 1- construído pela autora.....	107
Figura 13 – Aparato utilizado na situação-problema inicial 1.....	108
Figura 14 – Imagem da abertura das Olimpíadas no Rio.....	109
Figura 15 – Atividade com imagem - Barra de metal aquecida.....	109
Figura 16 – Atividade experimental “chama da vela”	111
Figura 17 – Atividade com o teste das chamas.....	112
Figura 18 – Imagem refração da luz.....	113
Figura 19 – Dispersão da luz – ilustração.....	113
Figura 20 – Ilustração do arco-íris.....	113
Figura 21 – Aluna realizando a 2ª parte da atividade.....	114
Figura 22 – Aparato experimental – espectroscópio.....	114
Figura 23 – Alunos realizando atividade com espectroscópio.....	115
Figura 24 – Alunos realizando atividade com espectroscópio.....	115
Figura 25 – Atividade com a simulação do corpo negro.....	116
Figura 26 – Alunos realizando experimento radiação do corpo negro.....	117
Figura 27 – Aparato com base no experimento de Herschel desenvolvido pela autora.....	118
Figura 28 – Alunos realizando a atividade com base no experimento de Herschel.....	119
Figura 29 – Atividade com protetor solar desenvolvida pelos alunos.....	120

Figura 30 – Imagens das consequências da explosão da usina de Chernobyl e do lançamento da bomba atômica.....	123
Figura 31 – Ilustração de uma radiográfica do tórax.....	124
Figura 32 – Imagem do símbolo utilizado para indicar radiação nuclear.....	125
Figura 33 – Imagem de uma sessão de radioterapia.....	126
Figura 34 – Imagens revistas em quadrinhos super-heróis.....	127
Figura 35 – Atividade recriando o espectro.....	128
Figura 36 – Mapa mental do aluno T32A36.....	133
Figura 37 – Mapa mental do aluno T31A11.....	134
Figura 38 – Mapa mental do aluno T32A35.....	135
Figura 39 – Mapa mental do aluno T31A6.....	136
Figura 40 – Mapa conceitual do aluno T32 A36.....	139
Figura 41 – Recorte do mapa do aluno T32A36 - ramo demonstrando diferenciação progressiva e reconciliação integradora.....	140
Figura 42 – Mapa conceitual do aluno T32A35.....	140
Figura 43 – Mapa conceitual do aluno T31A6.....	141
Figura 44 – Mapa conceitual do aluno T31A1.....	142
Figura 45 – Mapa conceitual do aluno T32A36.....	143
Figura 46 – Mapa conceitual do aluno T32A35.....	144
Figura 47 – Mapa conceitual do aluno T31 A6	145
Figura 48 – Mapa conceitual do aluno T31A11.....	146
Figura 49 – Situação inicial implementada na primeira UEPS.....	151

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Periódicos pesquisados e quantidades de artigos selecionados.....	28
Quadro 2 Elementos sociocognitivos e suas funções presentes no quadro de quatro casas com base em Abric.....	51
Quadro 3 – Identificação número de sujeitos por etapas e instrumentos da pesquisa.....	73
Quadro 4 – Funções dos programas processados pelo EVOC – 2005.....	79
Quadro 5 – Distribuição de Vergès dos termos evocados com o termo indutor Radiação, distribuídos pela mediana e pela ordem média de evocação (OME).....	83
Quadro 6 – Justificativas das evocações dadas pelos sujeitos.....	88
Quadro 7 – Justificativas das evocações dadas pelos sujeitos.....	90
Quadro 8 – Justificativas das evocações dadas pelos sujeitos.....	92
Quadro 9 – Plano de ensino de Física da 3º série da escola pesquisada.....	96
Quadro 10 – Categorias elaboradas com base nos critério elencados no quadro 3 e ancorados pela aprendizagem significativa. Fonte: (Calheiro, 2014)	138
Quadro 11 – Critérios utilizados para categorizar os mapas. Fonte (Calheiro, 2014)	138
Quadro 12 – Transcrição das respostas da situação inicial do grupo de análise A.....	152
Quadro 13 – Transcrição das respostas da situação inicial do grupo de análise B.....	153
Quadro 14 – Transcrição das respostas da situação inicial do grupo de análise C.....	155
Quadro 15 – Situação 3 proposta no 7º passo da UEPS.....	156
Quadro 16 – Transcrição das respostas da situação 3 do grupo de análise D.....	158
Quadro 17 – Transcrição das respostas da situação 3 do grupo de análise E.....	159

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Categorias iniciais e exemplos elaborados pelos autores	130
Tabela 2 – Síntese da progressão das categorias elaboradas pelos autores	137

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Distribuição de estudantes por série.	74
Gráfico 2 – Percentual por sexo dos estudantes pesquisados	74
Gráfico 3 – Faixa etária dos estudantes.	75
Gráfico 4 – Número de estudantes por categoria do mapa A	148
Gráfico 5 – Número de estudantes por categoria do mapa B	148

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
DCN	Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica
ENPEC	Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências
EPEF	Encontro de Pesquisa em Ensino de Física
FMC	Física Moderna e Contemporânea
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
MEC	Ministério de Educação
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PCN+	Parâmetros Curriculares Nacionais Complementares
SNEF	Simpósio Nacional de Ensino de Física
TAS	Teoria da Aprendizagem Significativa
TASC	Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica
TNC	Teoria do Núcleo Central
TRS	Teoria das Representações Sociais
UCF	Unidade de Conhecimento de Física
UEPS	Unidade de Ensino Potencialmente Significativa

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	18
2. REVISÃO DA LITERATURA	28
2.1 A Teoria das Representações Sociais e o ensino de Ciências e Física.....	29
2.1.1 Análise dos artigos relacionados à categoria Física	30
2.1.1.1 Subcategoria A.....	30
2.1.1.2 Subcategoria B.....	32
2.1.2 Análise dos artigos relacionados à categoria Ciências e Matemática	35
2.1.2.1 Subcategoria Meio Ambiente	36
2.1.2.2 Subcategoria Ensino de Matemática.....	37
2.1.2.3 Subcategoria Saúde.....	38
2.1.2.4 Subcategoria Ensino de Ciências	39
2.1.2.5 Subcategoria Ensino de Química.....	40
2.2 Considerações acerca da Revisão da Literatura	41
3. REFERENCIAL TEÓRICO	42
3.1 A Teoria das Representações Sociais.....	43
3.1.1 Representações sociais: hipóteses, dimensões e funções	48
3.2 A Teoria do Núcleo Central - TNC.....	50
3.3 As Representações Sociais e o Ensino de Física.....	52
3.4 A Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud	54
3.4.1 Conceito.....	56
3.4.2 Situação	57
3.4.3 Invariantes Operatórios.....	58
3.4.4 Representações simbólicas	58
3.4.5 Esquemas	59
3.5 Alguns aspectos da teoria da Aprendizagem Significativa e da Aprendizagem Significativa Crítica.....	60
3.6 Um olhar sobre a construção das UEPS.....	65
4. SISTEMATIZAÇÃO METODOLÓGICA DA PESQUISA	68
4.1 Metodologia de Pesquisa.....	68
4.2 Construção do Objeto de Pesquisa	70
4.3 O Universo Histórico-Social da Pesquisa e a Caracterização do Perfil dos Sujeitos..	71
4.3.1 Um olhar sobre a escola.....	71

4.3.2 Os sujeitos da pesquisa	72
5. ESTUDO DE CASO 1	76
5.1 Representações Sociais da Radiação	76
5.2 Contexto e técnicas de análise da coleta	76
5.3 Procedimentos de análise dos dados	78
5.4 Análise e discussão dos resultados	81
5.5 Análise das evocações: o quadro de quatro casas	82
5.5.1 Os possíveis elementos de centralidade	84
5.6 Dimensões dos possíveis elementos de centralidade	87
5.7 Considerações finais para o Estudo de Caso 1	92
6. ESTUDO DE CASO 2	96
6.1 Abordagem de diferentes Radiações através de UEPS	96
6.2 Descrição das UEPS e seus aspectos sequenciais (passos).	98
6.2.1 UEPS 1 – O ouvir, o ver e o aquecer das radiações integrados aos conceitos do eletromagnetismo.	98
6.2.2 UEPS 2 – A Radiação do visível ao invisível	105
6.2.3 UEPS 3 – Da Segunda Guerra Mundial às Histórias em Quadrinhos interagindo com a matéria.....	121
6.3 Resultados Estudo de Caso 2 – Abordagem das diferentes radiações através de UEPS	128
6.3.1 Análise dos mapas mentais e conceituais	129
6.3.2 Análise dos possíveis indicadores de invariantes operatórios e o possível domínio progressivo do campo conceitual da Radiação.....	149
6.3.2.1 Situações da Primeira UEPS.....	149
6.3.3 Análise dos esquemas utilizados pelos estudantes que apresentaram um aumento no domínio do campo conceitual na primeira UEPS.....	156
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	162
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	168
APÊNDICES	178
ANEXOS	197

1. INTRODUÇÃO

“Sempre há a necessidade de estarmos informados sobre o mundo à nossa volta. Além de nos ajustarmos a ele, precisamos saber como nos comportar, dominá-lo física ou intelectualmente, identificar e resolver os problemas que se apresentam: é por isso que criamos representações”.

Denise Jodelet

Representações são ideias ou imagens que concebemos do mundo ou de alguma coisa, instrumentos de cognição que nos permitem interpretar informações, descobertas, fenômenos observáveis ou não e modelos científicos nos diferentes aspectos da vida diária.

O conceito de representação tem uma longa história, o que lhe atribui uma multiplicidade de sentidos, e pode ser empregado em diferentes áreas com diferentes significados.

Entendemos representações como campos de saberes de grande importância para a sociedade, pois consciente ou inconscientemente tais representações são compartilhadas com o mundo. Estão presentes nas relações sociais, fazem parte do conjunto de opiniões e comportamentos dos indivíduos, e nos ajudam a entender como os grupos sociais pensam e interpretam a realidade, transformando-se em possíveis e prováveis representações sociais.

O estudo das representações nos permite compreender o ser humano e suas relações com o outro, com os acontecimentos e com ideias, crenças e valores. Pensar em representações é estar ciente de que existe, em cada ambiente, uma determinada dose de autonomia e de condicionamento e que esse ambiente diz respeito ao nosso meio, ao mundo em que vivemos, à sociedade a qual pertencemos (MOSCOVICI, 2005).

Diariamente estamos formando em nossa mente representações do mundo que nos cerca, a partir dos mais variados conhecimentos. Isto ocorre desde os primeiros reflexos ao nascermos, das primeiras palavras usadas para identificar pessoas e objetos, das primeiras letras aprendidas na escola, dos diversos conhecimentos sobre matemática, ciências, história, geografia adquiridos tanto na escola como na vida social, das informações obtidas a partir da mídia e até de uma conversa entre amigos. Todos esses conhecimentos são organizados em modelos próprios a partir das representações formadas por cada indivíduo e construídas ao longo da vida, as quais vão sofrendo modificações conforme as experiências vivenciadas dentro da sua realidade.

Para Abric (2001), as representações funcionam como um sistema de interpretação da realidade que rege as relações dos indivíduos com o meio físico e social ao seu redor, já que determinam seu comportamento e suas práticas. Devem ser vistas como uma maneira específica

de compreender, interpretar e comunicar o que está presente na vida cotidiana, o que nos é familiar.

As representações são formas de conhecimento, uma espécie de organização psicológica, cópias da realidade que circulam através de uma fala, um gesto, um encontro (OSTI, 2012).

Conforme Sá (1998), as representações têm por objetivo organizar a realidade e o ambiente onde se desenvolve a vida cotidiana, pois, por meio do diálogo, as representações transformam e interpretam a realidade dos indivíduos que produzem e comunicam suas representações. Moscovici (2003) afirma que a representação social é uma forma de conhecimento que visa tornar familiar o não-familiar, por meio da agregação da novidade às estruturas de conhecimento já existentes e dotadas de certa estabilidade.

Para Jodelet (2001), não podemos compreender muito sobre as comunicações no ensino e nas ações coletivas se não soubermos por que e como as representações são construídas. As representações sociais tornam convencionais as percepções de eventos, objetos e sujeitos que compõem a realidade e as compartilham, fornecendo recursos para enfrentar o desconhecido, o objeto da representação.

As representações são importantes vias de percepção do mundo concreto. São compostas de figuras e expressões socializadas, realçando e simbolizando atos e situações que se tornaram comuns. Elas nos orientam tanto no modo de nomear e definir conjuntamente os distintos aspectos da realidade diária, quanto no modo de interpretar esses aspectos, tomar decisões e nos posicionar perante eles das mais variadas formas (JODELET, 2001).

Neste sentido, considerando o contexto escolar onde desenvolvemos esta pesquisa, identificar as representações sociais presentes poderá se transformar em um importante instrumento de didática, proporcionando uma maior integração entre os conhecimentos científicos e o dia a dia dos estudantes.

Ao ministrarmos aulas de Ciências, especificamente os conteúdos de Física, muitas vezes não observamos a importância da relação entre o que é ensinado e o que é conhecimento prévio do aluno. Existe certo distanciamento entre a realidade dos estudantes e a Ciência, o que dificulta a aprendizagem dos conceitos da Física, e quando tratamos de um tema tão complexo e abstrato como a Radiação, objeto desta pesquisa, essa dificuldade fica ainda mais evidenciada. Manter a atenção dos alunos e aproximar os conteúdos da Física com a sua realidade, cada vez mais rodeada de novas e atrativas tecnologias, muitas delas, pelo ponto de vista dos alunos, bem mais interessantes que uma aula de Física, é um desafio constante. Compreender como se dá a partilha de conhecimentos científicos entre os estudantes, considerando situações que

podem fazer parte de seu convívio diário, apurar como determinados conceitos são formados e pensados, bem como operacionalizar esses conhecimentos dentro de uma didática que faça sentido para realidade do aluno, são alguns dos desafios desta pesquisa.

Nesse contexto, pensar no tema Radiação e suas representações sociais em uma sociedade cada dia mais conectada aos avanços tecnológicos, muitos dos quais diretamente ligados a algum tipo de radiação justifica-se, pois consideramos sua compreensão de grande importância para a educação contemporânea, proporcionando um melhor entendimento das transformações que ocorrem no cotidiano.

A Radiação está presente em nosso dia a dia, seja num simples aquecer de água no micro-ondas a um *self* em algum lugar do planeta compartilhado em segundos com várias pessoas. É um tema suscetível de diversas abordagens, porém, normalmente nos remete aos seus possíveis efeitos prejudiciais à saúde, aos acidentes nucleares, à bomba atômica e seu poder de destruição e contaminação. E este é o viés mais enfatizado pela mídia quando o assunto é radiação, o que justifica uma percepção limitada e superficial sobre a temática.

Para desenvolver a presente pesquisa, tomamos por referencial o olhar trazido pela Teoria das Representações Sociais. Esta, apesar de pouco explorada no âmbito do ensino de Física, vem ao encontro das práticas didáticas exploradas nesta pesquisa, pois ajuda a compreender a maneira pela qual um significado é atribuído a um objeto, e como os sujeitos visualizam e interpretam os conhecimentos científicos vivenciados no grupo social em que estão inseridos.

Valendo-nos desta teoria e do seu conjunto de princípios, investigamos, numa primeira etapa, as representações sociais de um grupo de estudantes do ensino médio de uma escola estadual acerca do tema Radiação. Buscamos perceber como elas são partilhadas, como se dá a compreensão da produção e circulação de ideias e conceitos e se estes orientam ou não sua vida social.

Em uma segunda etapa, a partir das representações emergidas, construímos e implementamos sequências didáticas ancoradas na Teoria dos Campos Conceituais – TCC de Gerard Vergnaud, juntamente com alguns aportes da Teoria da Aprendizagem Significativa – TAS de David Ausubel e da Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica – TASC de Marco Antonio Moreira desenvolvendo estratégias metodológicas para o ensino dos conceitos de Física Moderna e Contemporânea – FMC que envolvam o tema Radiação, integrando-os aos conceitos da Física Clássica normalmente ministrados no ensino médio.

O estudo das radiações está inserido no ensino de Física dentro dos tópicos de FMC. Porém, podemos dizer que a denominada FMC desenvolvida a partir do final do século XIX

quase não é abordada no ensino básico, onde deveriam ser trabalhados conceitos que servem de base para a compreensão dos fenômenos da natureza e construção do conhecimento científico.

Nas últimas décadas diversos estudos têm enfatizado a importância da inserção de FMC na Educação Básica. Inúmeros pesquisadores evidenciam essa importância (TERRAZZAN, 1992, 1994; PEREIRA, 1997; OSTERMANN, 1999, 2000; OSTERMANN e CAVALCANTI, 1999; OLIVEIRA et al, 2007; PINHEIRO, 2011; GUIMARÃES, 2011; GRIEBELER, 2012; JUNIOR, 2014; CALHEIRO, 2014; TELICHEVESKY, 2015). Também muitas pesquisas desenvolvidas nos cursos de pós-graduação e divulgadas através de artigos publicados em periódicos e eventos de ensino de Ciências corroboram esta realidade.

Segundo Ostermann e Moreira (2000), desde o final da década de 70, com o projeto Harvard dirigido ao ensino médio americano, houve a preocupação da inserção de tópicos de Física Moderna na escola média. Estudos realizados no âmbito do ensino de Física sobre atualizações dos currículos que abordam a inserção de tópicos de FMC no ensino médio vêm sendo divulgados por vários pesquisadores na área de ensino de Ciências.

Contudo, no ensino de Ciências, mesmo com a grande quantidade de pesquisas e projetos desenvolvidos nas últimas décadas sobre ensino-aprendizagem, a disciplina de Física, tanto no nível médio quanto no nível superior, continua sendo ministrada quase que exclusivamente como base no livro-texto. Ainda utiliza a mesma sequência de conteúdos (Cinemática, Dinâmica, Estática, Termologia, Calorimetria, Termodinâmica, Ondulatória, Eletricidade, Magnetismo e Óptica Geométrica) e se apoia na extensiva resolução de exercícios e problemas, sem qualquer contextualização ou aproximação com o cotidiano dos alunos.

Apesar das diversas mudanças que vêm ocorrendo nos últimos anos nos projetos pedagógicos das escolas e nas legislações oficiais da educação, o ensino de Física ainda se apoia em currículos fragmentados, totalmente desarticulados e com ênfase na Física Clássica. Ostermann e Moreira (2001) afirmam que grande parte das escolas não desenvolve aspectos conceituais da Física, recaindo numa ênfase excessiva em equações e problemas simples de aplicação das mesmas.

O estudo das Radiações no ensino de Ciências segue o mesmo padrão tradicional de ensino, preocupando-se apenas com a transmissão de conteúdos, isto quando são abordados no Ensino Médio. Para Moreira (2014), o ensino de Física é desatualizado em termos de conteúdos e tecnologias, centrado no docente, comportamentalista, focado no treinamento para as provas e que aborda a Física como uma ciência acabada.

A nosso ver, os conteúdos de Física devem ser trabalhados nas escolas visando melhorar sua capacidade de compreensão, com maior participação/envolvimento dos estudantes, sempre considerando sua realidade cotidiana. Acreditamos em um ensino de Física voltado para uma Ciência contemporânea, que busque uma aprendizagem com significados, integrando conceitos clássicos da Física e com diferentes disciplinas.

A Lei das Diretrizes e Bases da Educação Nacional – LDB, de 1996, no Art 35, item IV, menciona como finalidade do Ensino Médio, “a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina”. Em seu Art. 36, parágrafo 1º, item I, especifica que, quanto aos conteúdos, eles devem contemplar o “domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna”.

Um dos primeiros passos com vistas a melhor definir as finalidades do ensino médio, descritas pela LDB, foi a confecção dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio-PCN (Brasil, 2000), junto com a proposta mais detalhada descrita nas Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias – PCN+ (Brasil, 2002). Estes documentos norteiam a formação do currículo das escolas, propondo um ensino de Física Moderno e Contemporâneo que busque integrar a realidade dos alunos. Neste sentido, os documentos oficiais reforçam a importância de temas atuais e modernos no que diz respeito ao ensino de Física ao afirmarem, por exemplo, que:

Alguns aspectos da chamada Física Moderna serão indispensáveis para permitir aos jovens adquirir uma compreensão mais abrangente sobre como se constitui a matéria, de forma que tenham contato com diferentes e novos materiais, cristais líquidos e lasers presentes nos utensílios tecnológicos, ou com o desenvolvimento da eletrônica, dos circuitos integrados e dos microprocessadores [...] Mas será também indispensável ir mais além, aprendendo a identificar, lidar e **reconhecer as radiações e seus diferentes usos**. (BRASIL, 2002, p.70, grifo nosso).

Dentro desta realidade, o ensino e a aprendizagem dos efeitos, causas e consequências das diferentes formas de radiações existentes na natureza são pouco explorados inclusive no contexto familiar, onde o conhecimento sobre este assunto é geralmente obtido através de informações da mídia, leituras em revistas, internet, entre outros.

Da mesma forma, o estudo de Ciências requer que esta contextualização seja inserida na escola básica. No texto dos PCN+ para o Ensino de Física há a recomendação para que as diferentes radiações sejam abordadas na Educação Básica. Também sugerem que o estudo das radiações em seus diversos enfoques, tanto na parte das competências gerais na área da Ciência

da Natureza quanto nas competências específicas da disciplina de Física, seja delineado dentro do tema estruturador “Matéria e Radiação”, subdivididas em quatro unidades temáticas: 1) matéria e suas propriedades, 2) radiações e suas interações, 3) energia nuclear e radioatividade e 4) eletrônica e informática. Estas unidades sugeriram critérios para direcionarmos alguns conceitos presentes nas UEPS desenvolvidas nesta pesquisa, pois até então os novos textos que servirão de base para os conteúdos para a Educação Básica, ainda não haviam sido homologadas pelo Ministério da Educação.

Ao encontro dessas orientações e bases legais – ainda em construção – e de acordo com a LDB e com as Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica – DCN, o Ministério de Educação propôs a Base Nacional Comum Curricular (BNCC). A BNCC é um documento de caráter normativo que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que todos os alunos devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica.

No que se refere à área de Ciências da Natureza, na componente curricular da Física, sua primeira versão propõe seis unidades de conhecimento (UCF) para organização do currículo da Física. Entre eles encontra-se uma unidade bem específica com conceitos relacionados à Física das Radiações:

UC5F _ Matéria e radiação em sistemas e processos naturais e tecnológicos. Nesta unidade são apresentados conhecimentos da Física que auxiliam a compreensão do uso das radiações em variadas atividades na atualidade, como em diagnósticos médicos, como radiografia e tomografia, na produção de energia com base em processos nucleares, ou nas guerras com as bombas de fissão e fusão nuclear. Isso depende de responder diferentes questões: no que diferem essas radiações? Como elas são produzidas? Como as diferentes radiações interagem com a matéria? Do que a matéria é constituída? Quais são os efeitos biológicos e ambientais das diferentes radiações? Esta unidade estuda as propriedades das radiações e da matéria, bem como suas interações. (BNCC, 1ª versão, p.208,2015)

A necessidade do ensino e da aprendizagem dos conceitos dos diferentes tipos de radiações está evidente. Porém, esses conceitos, tão essenciais para a Física, requerem do professor um estudo avançado de outros diferentes conceitos nem sempre abordados na sua formação inicial.

Monteiro et al (2012), a partir da análise dos discursos de professores, salienta que as abordagens sobre a mencionada FMC na formação inicial estão centradas na exposição dos conteúdos, com uma programação delineada a partir de orientações alheias tanto ao contexto da Educação Básica como também às necessidades dos participantes do contexto formativo.

A preparação de diferentes situações e estratégias didáticas sobre a Física das radiações exige um amplo conhecimento do tema por parte dos professores para que possam ser

compartilhadas com os estudantes, principalmente quando se trata da abordagem das teorias, leis e modelos presentes nos diferentes campos conceituais da Radiação.

No que diz respeito aos alunos, a aprendizagem do tema das diferentes radiações exige capacidade de abstração, bem como transição entre os níveis das representações da radiação, para que consigam pensar os fenômenos ligados a estes conceitos de forma reificada, distanciando-se do senso comum, se apropriando, dessa forma, dos campos conceituais sobre os diferentes tipos de radiações.

Moreira (2014) salienta que o ensino de Ciências no século XXI deveria ser centrado no aluno e focado na aprendizagem significativa de conteúdos clássicos e contemporâneos. Neste contexto, a Radiação é um tema de grande relevância para a educação de qualquer cidadão. Está presente em vários momentos de nossas vidas em função do enorme desenvolvimento tecnológico que presenciamos. Porém, o aumento da presença dos diferentes tipos de radiações no nosso dia a dia não está sendo acompanhado por uma informação mínima adequada, visto que na escola básica estes assuntos raramente são abordados com um grau de aprofundamento e rigor científico que possibilitem aos alunos obter um conjunto de conhecimentos científicos que os permita ir além do senso comum e das representações partilhadas em seus grupos sociais.

Nesse sentido, procuramos superar o modelo tradicional de ensino, buscando modificar e renovar os currículos, desfragmentando-os, proporcionando aos jovens uma nova visão da Ciência, mais contextualizada e moderna, capaz de aprimorar suas representações, tornando-os mais capacitados a compreender os conceitos científicos que envolvem o mundo tecnológico que os cerca.

Dentro do cenário apresentado, o problema de pesquisa que se coloca para estudo é o seguinte:

É possível promover a aprendizagem significativa e o domínio progressivo do campo conceitual de diferentes radiações a partir das representações sociais presentes nas práticas compartilhadas no cotidiano de estudante do ensino médio?

Na busca de respostas para esta questão, as seguintes hipóteses foram levantadas:

- As representações sociais contribuem significativamente para aprendizagem dos diferentes tipos de radiações.
- A metodologia de ensino influencia significativamente na evolução do domínio do campo conceitual de diferentes tipos de radiações pelos estudantes do ensino médio.

- Abordagens diferenciadas, fundamentadas em situações problemas, contribuirão de forma significativa na aprendizagem das radiações.
- Existe relação entre as representações dos estudantes e os conhecimento-em-ação emergidos nas resoluções das situações propostas nas UEPS.

Baseando-se nestas considerações, elaboramos o objetivo geral desta pesquisa, qual seja *analisar o processo de domínio progressivo do campo conceitual referente às diferentes radiações a partir das representações partilhadas no contexto do ensino médio, considerando diferentes situações presentes em três UEPS implementadas numa escola pública estadual.*

Com o intuito de responder ao problema de pesquisa, o objetivo geral foi desdobrado em objetivos específicos:

- Investigar as representações sociais presentes em estudantes do ensino médio sobre Radiação.
- Descrever, a partir dos discursos dos estudantes, as representações sociais da Radiação.
- Usar as representações como uma orientação para os processos cognitivos de aprendizagem.
- Elaborar diferentes UEPS integrando as diferentes radiações aos tópicos da Física Clássica.
- Avaliar as atividades desenvolvidas nas UEPS a partir dos referenciais da aprendizagem significativa e dos campos conceituais relacionando-as com as representações emergidas.

Adotando como referenciais teóricos duas teorias psicológicas e cognitivistas, a Teoria das Representações Sociais e a Teoria dos Campos Conceituais, desenvolvemos um estudo predominantemente qualitativo, a partir de dois estudos de caso (Estudo de Caso 1 e Estudo de Caso 2), através da utilização de diferentes instrumentos de coleta e análise de dados que corresponderam a duas etapas deste trabalho, apresentados nos capítulos 5 e 6.

Na sequência temos o capítulo 2, ***Revisão da Literatura***, onde apresentamos uma revisão bibliográfica de pesquisas recentes com foco nas Representações Sociais e na teoria dos Campos Conceituais no ensino de Ciências, mais especificamente no ensino de Física e na aprendizagem dos diferentes tipos de radiações no ensino médio. Alguns dos trabalhos elencados serviram de suporte teórico para elaboração das UEPS e a análise dos dados.

Após, temos o capítulo 3, o ***Referencial Teórico***, onde descrevemos os referenciais utilizados no estudo das Representações Sociais e os referenciais que ancoram a construção das UEPS, as quais foram implementadas na pesquisa.

No capítulo 4, *Sistematização Metodológica da Pesquisa*, temos uma caracterização da investigação, onde discutimos a metodologia de pesquisa adotada neste trabalho. Para isso, descrevemos sucintamente a acepção de estudo de caso de Yin (2010), seguida da apresentação do contexto dos participantes do estudo.

Nos capítulos 5 e 6, respectivamente **Estudo de Caso 1** e **Estudo de Caso 2**, abordamos os dois estudos desenvolvidos na pesquisa, ou seja, *Representações Sociais da Radiação e Abordagem das diferentes Radiações através de UEPS*. Apresentamos e discutimos os instrumentos de pesquisa utilizados e a forma de análise dos dados sob a perspectiva de referenciais da Teoria das Representações Sociais para o estudo 1, e para o estudo 2 retratamos o desenho da pesquisa, expondo as partes que compõem o estudo, bem como as fontes, os instrumentos, os métodos de análise dos dados e a descrição das UEPS. Também são abordadas a *análise dos dados e discussão dos resultados* dos dois Estudos de Caso. No Estudo de Caso 1 são descritos os resultados das representações sociais dos estudantes e no Estudo de Caso 2 temos os resultados das situações desenvolvidas nas UEPS, que foram fundamentadas nas teorias descritas ao longo da pesquisa.

No capítulo 7 são apresentados as considerações finais sobre o estudo desenvolvido, bem como algumas propostas de continuidade do trabalho.

Encerramos esta tese com a apresentação das *Referências Bibliográficas* e dos materiais complementares que estão dispostos nos *Apêndices* e *Anexos*.

A seguir apresentamos uma revisão da literatura relativa ao referencial das Representações Sociais.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo, apresentamos uma revisão na literatura, a qual compreende o período de 2004 a 2017¹, realizada nas principais revistas da área de Ensino com Qualis da CAPES A e B e que abordam o ensino de Física ou ensino de Ciências.

A partir destes critérios, determinamos 13 revistas de interesse. Importante ressaltar que alguns dos periódicos estrangeiros não permitem o acesso a todo seu conteúdo. Assim, foram levantados apenas artigos que possuem acesso livre a partir da rede de computadores da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Esta revisão buscou identificar alguns estudos recentes presentes na literatura sobre as Representações Sociais. Também, a partir desta revisão, buscamos entender como a área de pesquisa em ensino de Ciências, mais especificamente o ensino de Física, está considerando o referencial das Representações Sociais pelos seus pesquisadores.

A pesquisa bibliográfica foi dividida em duas etapas. Na primeira etapa do processo de revisão da literatura enumeramos os artigos e realizamos a leitura dos resumos, além de buscarmos palavras chaves que incluíssem termos como representações sociais, ensino de física, representações de radiações, representações de Física e Ciências e ensino médio.

Na segunda etapa realizamos a leitura, classificando os artigos em duas categorias: artigos relacionados à categoria Física e artigos relacionados à categoria Matemática e Ciências. Realizamos um estudo mais detalhado dos trabalhos que envolvem o ensino de Física e uma análise geral dos artigos que relacionam os referenciais aqui utilizados com o ensino de Ciências.

A quantidade de artigos encontrados por revista é exposta no abaixo.

Revistas (2004 - 2017)	Artigos
American Journal of Physics	0
Caderno Brasileiro Ensino de Física	0
Ciência & Educação	13
Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências	9
Enseñanza de las Ciencias	5
Investigação em Ensino de Ciências	7
Latin-American Journal of Physics Education	0
Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia	3
Revista Brasileira de Ensino de Física	0
Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências	2

¹ O recorte deste período justifica-se visto que pesquisas de outros autores já haviam mapeados períodos anteriores e por buscarmos uma revisão de estudos mais recentes sobre o tema da pesquisa. Salienta-se que a pesquisa foi realizada até agosto de 2017.

Revista da Enseñanza de la Física	5
Revista Electronica Enseñanza de la Ciencia	7
Science & Education (Dordrecht)	0
Total	51

Quadro 1: Periódicos pesquisados e quantidades de artigos selecionados

2.1 A Teoria das Representações Sociais e o ensino de Ciências e Física

As Representações Sociais, seu estudo e compreensão, têm sido um referencial teórico bastante abordado nestes últimos anos, principalmente na área de Educação, com enfoque voltado a questões metodológicas, formação docente, processos de comunicação, trabalho e concepções docentes, questões ambientais, sobre educação profissional, gênero, educação no campo, entre outros.

Nesse sentido, a teoria das representações sociais apresenta inúmeras contribuições para a compreensão dos fenômenos pertencentes à educação e a sua prática social.

Especificamente no ensino de Ciências as pesquisas apresentam um grande avanço; no ensino de Física, no entanto, ainda são poucos os trabalhos que articulam a teoria das representações sociais.

Muitas pesquisas encontradas estão relacionadas ao ensino de Ciências com ênfase na área ambiental e nas representações de professores. Porém, poucas pesquisas são direcionadas aos conteúdos mais específicos da Física.

Sobre as representações sociais relacionadas ao ensino de Física, encontramos na literatura um trabalho recente de revisão realizado por Hilger e Moreira (2016), que abrange a pesquisa até o ano de 2012. Esse trabalho apresenta uma revisão das principais revistas nacionais e internacionais, abrangendo 34 periódicos. Neles os autores encontraram 49 artigos sobre representações sociais no ensino de Ciências. Destes, 42 trabalhos envolviam as disciplinas de Biologia e Química, restando para o ensino de Física apenas 7 estudos relacionados especificamente a conceitos da Física ou relacionados à Física por seu público alvo. Os autores concluíram que a Física ainda se encontra em um estágio inicial neste referencial.

A nossa revisão, por sua vez, foi realizada em 13 periódicos do período de 2004 – 2017, e resultou em 54 artigos analisados. Cabe salientar que alguns dos periódicos também estão presentes na análise da Hilger & Moreira (2016) e outros periódicos estão presentes apenas na revisão dos autores citados, visto que o nosso foco foi investigar as revistas mais direcionadas ao ensino de Física e Ciências.

Esta revisão tem como objetivo verificar o referencial das representações sociais na área de ensino de Ciências, mais especificamente na Física nestes últimos anos, sua possível evolução, bem como a maneira que os autores vêm trabalhando a metodologia e os resultados a partir da Teoria das Representações Sociais no ensino de Ciências e Física.

Como já citamos, os trabalhos foram enquadrados em duas categorias gerais, quais sejam: *categoria Física* referente aos trabalhos de ensino de Física que são objeto do nosso estudo, e a *categoria Ciências e Matemática* referente ao ensino de Ciências e Matemática.

Para os trabalhos enquadrados na *categoria Física* fizemos uma análise geral para cada artigo revisado, procurando destacar a metodologia, os sujeitos pesquisados, o tipo de análise dos resultados e algumas características relevantes para nossa pesquisa.

Já nos enquadrados na *categoria Ciências e Matemática* fizemos um levantamento geral das metodologias e dos estudos abordados nas pesquisas, pois os assuntos relativos a essas investigações não são objetos do nosso trabalho.

2.1.1 Análise dos artigos relacionados à categoria Física

Em nossa análise encontramos 14 artigos que classificamos na categoria Física e os distribuímos em duas subcategorias, A e B. Subcategoria A: contemplam artigos onde foram pesquisadas as representações de conceitos de Física. Subcategoria B: contemplam artigos onde foram pesquisadas as representações de estudantes e de professores sobre temas que envolvem a Física.

2.1.1.1 Subcategoria A

Esta subcategoria contempla cinco trabalhos que investigam especificamente as representações sociais de conceitos de Física. Estes trabalhos nos orientaram com suas metodologias e análises de resultados, visto assemelharem-se ao objetivo do nosso trabalho, qual seja investigar as representações da Radiação de estudantes do ensino médio. A partir da revisão destes trabalhos elaboramos uma breve síntese de cada um deles, salientando aspectos que foram relevantes para nossa pesquisa, que apresentamos nos parágrafos abaixo.

Com a finalidade de identificar o perfil epistemológico da representação social sobre o conceito de tempo presente em 51 estudantes de Física, Matemática, Ciências Biológicas, Química, História e Ciências Sociais, Silva Junior et al.(2007) realizaram uma pesquisa

qualitativa e quantitativa utilizando uma metodologia baseada na análise prototípica das palavras ancorada na teoria do Núcleo Central. Como resultado, os autores concluíram que a representação social do conceito de tempo está muito associada ao senso comum e evidenciaram um perfil epistemológico realista ingênuo, chegando ao máximo do empirismo. Os autores sugerem que os professores repensem a forma como abordam o conceito de tempo, destacando o desenvolvimento da teoria da relatividade, que utiliza este conceito, e sugerem também uma visão interdisciplinar para sua construção.

Na sequência, relacionamos dois trabalhos relevantes sobre as representações e o estudo de Física Quântica. No primeiro estudo os autores Hilger, et al.(2009) buscaram, a partir de dados obtidos, identificar e caracterizar as possíveis representações sociais compartilhadas por diferentes grupos para a compreensão da aprendizagem significativa da Física Quântica. Utilizaram como metodologia testes de associação escrita e numérica de conceitos e análise estatística para os resultados. Sugerem que a compreensão das representações sociais pode auxiliar no processo de aprendizagem significativa da Física Quântica e avaliam a influência dos meios de divulgação que propagam conceitos científicos ou quase científicos sobre as ideias dos indivíduos. Num segundo estudo sobre Quântica, os autores Moreira et al.(2009), inicialmente respondem algumas questões sobre as representações sociais, como o conceito, a origem, as condições para que existam e qual a importância das representações para ensino e aprendizagem de Física e, ao final, apresentam alguns exemplos de investigações de resultados preliminares de um projeto de pesquisa de representações de Física de Mecânica Quântica. Adotaram o teste de associação de palavras e análises estatísticas para os resultados. O estudo apresentou uma explicação das representações sociais, em particular da mecânica quântica, com alguns resultados preliminares, mas com o objetivo principal de chamar a atenção para como a Mecânica Quântica está sendo representada pela sociedade e como a mídia, os livros, seminários e filmes estão apresentando estes conceitos, o que pode vir a se tornar um obstáculo epistemológico.

Debom e Moreira (2016) realizaram um estudo sobre as representações sociais de Astronomia de estudante do 6º ano do ensino fundamental. Como metodologia utilizaram mapas mentais com uma posterior aplicação de uma sequência didática com base na teoria da Aprendizagem Significativa. Como resultados, emergiram dos mapas mentais dos estudantes noções diferentes das cientificamente aceitas, com poucas regularidades no que diz respeito às relações que estabelecem entre os conceitos. Os autores salientam que a identificação das representações sociais de conceitos científicos não é uma tarefa fácil, no entanto, constitui uma temática promissora na pesquisa em ensino de Ciências.

No trabalho também desenvolvido por Hilger et al. (2017), os autores fizeram um estudo comparativo a partir das representações de Física Quântica entre estudantes iniciantes dos cursos de engenharia do Brasil e da Argentina. Enfatizam que as representações sociais podem atuar como variáveis importantes no desenvolvimento cognitivo do estudante, podendo influenciar, sobremaneira, a aprendizagem significativa de novos conhecimentos. Se valeram das técnicas de escalonamento e de um teste de associação de palavras para determinar a centralidade das representações. Segundo os pesquisadores, os estudantes, mesmo com características históricas-culturais distintas, porém pertencentes a um grupo de estudantes de engenharia, apresentaram, a partir dos resultados, indícios de que existe representação social sobre a Física Quântica. No entanto, não foi possível afirmar que os componentes do núcleo e da periferia são os encontrados ou a representação é exatamente a descrita, ou seja, misturam elementos de conteúdos de Física em geral e das aulas específicas de Física. Apesar disso a pesquisa mostra-se relevante, pois a partir da compreensão do universo dos estudantes podem ser obtidos subsídios para melhorar as práticas pedagógicas.

Pudemos perceber que ainda são raros os trabalhos que tenham como objetivo investigar as representações sociais de conceitos de Física, visto termos encontrado na literatura que revisamos apenas cinco trabalhos específicos. Cabe frisar que nossa pesquisa não procurou esgotar todas as possibilidades de periódicos, teses, dissertações e eventos da área, existindo, portanto, a possibilidade de se encontrar algum outro trabalho desta categoria. Se levarmos em consideração o trabalho de revisão de Hilger & Moreira (2016), em 5 anos apenas mais três trabalhos foram encontrados, o que demonstra que ainda estamos em passos lentos em relação ao referencial das Representações Sociais.

Por fim, é importante ressaltar que estes trabalhos colaboraram no desenvolvimento metodológico de nossa pesquisa, bem como auxiliaram na análise de resultados, visto que as suas pesquisas também se utilizaram de testes de associação de palavras.

2.1.1.2 Subcategoria B

Nesta subcategoria relacionamos dez trabalhos que investigam as representações sociais de estudantes sobre temas relacionados à Física. Neles os autores exploram as representações sociais de estudantes e professores sobre o ensino de Física e suas contribuições para a educação.

Silva & Mazzotti (2009) apresentam um olhar de professores de Física sobre a própria Física. Para tanto, as representações sociais foram investigadas a partir de questionários e posterior análise categorial temática, com base nos referenciais utilizados. Dessa análise emergiram dois polos de representação: o realismo crítico apoiado na visão contemporânea da ciência, com um pequeno percentual, e o realismo ingênuo, sustentado em ideias intuitivas, onde a maioria dos entrevistados se enquadrou. Para os autores é preciso rever a formação de professores de Física, pois são estes os agentes da educação científica.

Com o objetivo estudar as representações sociais de Ciência de um grupo de 26 alunos do ano final do curso de Licenciatura em Física e também analisar a grade curricular da instituição, Melo et al. (2010), em sua pesquisa, consideraram a importância de uma formação de professores assinalada pelo pluralismo de correntes filosóficas da Ciência como forma de promover uma melhor compreensão sobre o tema. Os autores, a partir de abordagem metodológica ancorada na teoria das representações sociais e na teoria do núcleo central e tendo os resultados analisados pelo software EVOC, interpretaram quais visões de ciências contidas nas representações sociais dos professores emergiram a partir do estudo do núcleo central, que consistem provavelmente nas visões empíricas e idealistas da ciência. Por fim, os resultados da pesquisa permitiram conhecer esses futuros professores e suas visões sobre a Ciência, de forma a fornecer subsídios para o debate nas salas de aula. A pesquisa também pretendeu potencializar o debate acerca do papel da Ciência e do seu ensino, gerando informações para as discussões sobre as reformulações das licenciaturas e das práticas adotadas no ambiente de sala de aula.

Também com o foco voltado para professores, Guirado et al. (2010) analisaram as representações sociais de 68 professores acerca do que é um bom aluno de Física e como se aprende Física. Os autores questionaram os professores sobre quais características um aluno deve ter para ser um bom aluno de Física e que ações se requerem para a aprendizagem de Física. Os resultados foram analisados e os autores concluíram que havia a necessidade de gerar mais espaços, onde os professores tivessem a oportunidade de refletirem sobre suas representações e sua vinculação com as intervenções pedagógicas e com o desejo dos alunos em aprender Física.

Cabanellas et al. (2010) apresentam um estudo sobre as representações de Física compartilhadas por estudantes de engenharia. Nele os autores utilizaram a análise prototípica, aplicando um teste de evocação hierarquizada das palavras com base na teoria do núcleo central e que seguem um enfoque estrutural da teoria das representações sociais. Os resultados emergidos das análises do quadro de quatro casas apresentam uma centralidade voltada para os conceitos de Mecânica e noções relativas à visão da Ciência, de caráter empirista. Também

evidenciam um conhecimento fragmentado sobre os produtos e processos da Ciência a partir de uma perspectiva sociocultural.

Ainda tratando das concepções de estudantes universitários, Lima e Machado (2011) investigaram as representações dos estudantes acerca de um ensino de Física inclusivo. Os autores utilizaram o grupo focal articulado aos discursos dos sujeitos coletivos para identificar as representações sociais. O objeto do trabalho foi promover uma reflexão em torno da eventual contribuição que a disciplina de Física e o tema Inclusão oferecem aos licenciados. A pesquisa comprovou que o tema inclusão não mobilizava os licenciados, não se constituindo, portanto, em uma Representação Social. No entanto, esta reflexão gerou como objeto de representação social a ideia de que o ensino de Física está associado com dificuldades que só podem ser enfrentadas por estudantes segundo um padrão de normalidade. Os resultados demonstraram que o ensino Física a deficientes visuais não mobiliza tantos os licenciados quanto a dificuldade que ela representa, pois os estudantes ainda não aceitavam que deficientes visuais pudessem aprender Física. A partir do estudo, concluiu-se que é necessário problematizar e inclusão de deficientes visuais cada vez mais com trabalhos, discussões e projetos em diferentes áreas do conhecimento.

Guirado et al. (2013), a partir da teoria das representações sociais, investigaram estudantes do ensino médio e professores com o objetivo de verificar e identificar as representações de alguns aspectos que poderiam influenciar a aprendizagem da Física e Química. Para verificar estas representações os autores realizaram diferentes atividades para melhor compreender a disposição dos estudantes para a aprendizagem da Física e da Química. A partir da análise destas atividades os resultados demonstraram que os alunos possuem uma atitude mais positiva em relação à Química, pois acreditam ser mais fácil de aprendê-la. Embora reconheçam que o aprendizado da Física seja difícil para eles, sua compreensão contribui para o desenvolvimento de suas habilidades intelectuais.

Os resultados de um projeto que buscou investigar as representações sociais de estudante e professores universitários de Física e Química sobre como eles lidam com a problemática do ensino e aprendizagem, propondo ações que permitam superar tais representações, são apresentados em um estudo realizado por Mazzitelli (2015). Tais resultados evidenciaram a necessidade de aprofundar o estudo das causas subjacentes à construção de diferentes representações sociais, com o objetivo de analisar a incidência de características pessoais, conteúdo, metodologia dos docentes e as diferentes experiências de ensino ao longo do ano. Deste trabalho emergiram duas necessidades, quais sejam um maior apoio de todos os educadores da formação inicial objetivando favorecer a aprendizagem a partir das dificuldades

que surgem no contexto escolar e a implementação de ações conjuntas de diferentes áreas para contribuir para formação dos professores.

O trabalho de revisão da Hilger e Moreira (2016) ocupa uma posição de destaque nesta subcategoria, pois norteou nossa revisão ao traçar um panorama das publicações da área de ensino de Física com foco nas representações sociais. Em sua pesquisa os autores encontraram poucos trabalhos sobre representações sociais no ensino de Física, mas vislumbraram alguns esforços iniciais de investigações com esse referencial. Cabe ressaltar que, para os autores, a identificação destas representações pode fornecer indícios da influência dos meios de divulgação sobre as concepções dos indivíduos a respeito de conceitos científicos. Em nossa pesquisa estes indícios apareceram com grande evidência nas representações da Radiação.

Por sua vez, Mazzitelli et al. (2017), com o objetivo de investigar as representações sociais de futuros professores sobre conceitos básicos de Ciências, analisaram a estrutura das representações sociais sobre reações nucleares e químicas dos alunos da faculdade de Química e Física. Os resultados mostraram poucas evocações que podem ser associadas ao senso comum e apresentaram uma forte presença do conhecimento científico que fez parte das representações encontradas, o que permitiu às autoras inferir a influência da formação inicial, principalmente ao que se refere aos aspectos disciplinares.

Por fim, o estudo de Zorrilla et al. (2017), também dentro da área das Ciências Físicas e Químicas investigou as representações sociais dos estudantes destes cursos sobre as práticas de laboratório. A partir da evocação hierárquica das palavras as autoras identificaram o conteúdo e a estrutura da representação social predominante neste grupo sobre as práticas experimentais. Como resultados, emergiram elementos que podem ser facilitadores e outros que podem apresentar obstáculos em relação à atividade experimental e que podem prejudicar, no futuro, a prática docente destes universitários.

Para esta categoria os trabalhos apresentaram, em sua maioria, uma diversidade nas investigações das representações sociais de professores e estudantes de Física.

2.1.2 Análise dos artigos relacionados à categoria Ciências e Matemática

Nesta categoria relacionamos 38 artigos classificados em 5 subcategorias. Apresentaremos uma síntese geral desses trabalhos, visto não possuírem relação direta com a nossa pesquisa. Porém, como também era objetivo desta revisão analisar as metodologias e as técnicas utilizadas pelos autores, nos detivemos nestes aspectos dos trabalhos e não especificamente no tema da representação social pesquisada.

2.1.2.1 Subcategoria Meio Ambiente

Encontramos e classificamos nesta subcategoria 13 artigos que tratam da temática meio ambiente. Pudemos perceber que as pesquisas de representações sociais são bastante utilizadas na área das Ciências, com ênfase na educação ambiental. Nesse contexto, as pesquisas aqui elencadas apresentam uma diversidade de objetivos relacionados ao tema meio ambiente.

Reigota (2010) entende que o primeiro passo para a realização da educação ambiental deve ser a identificação das representações das pessoas envolvidas no processo educativo.

Os trabalhos de Magalhães Junior e Tomanik (2013) e Silva e Cunha (2016) investigaram as representações sociais de professores sobre tópicos inseridos na temática meio ambiente. Os primeiros autores investigaram as representações sociais sobre meio ambiente compartilhadas por professores das séries iniciais, com vistas a indicar um caminho para formação continuada desses profissionais. Os segundos autores tiveram como objetivo verificar as práticas pedagógicas de Ciências de professores da educação infantil e investigaram as práticas pedagógicas sobre meio ambiente. Analisaram e interpretaram as falas dos professoras e as categorizaram a partir da análise do conteúdo. Contreras (2016) investigou as representações sociais sobre as concepções de crise ambiental entre os professores em formação inicial de Química. Estes trabalhos utilizaram como metodologia o teste de evocação livre de palavras e se valeram da teoria do núcleo central para identificar a centralidade das representações sociais.

Miranda et al. (2007) e Docio et al (2009) pesquisaram as representações sociais de moradores de uma determinada localidade para compreender temas ambientais; os primeiros autores buscaram verificar como um grupo de idosos representa o meio ambiente. Para o estudo, utilizaram a análise do conteúdo das entrevistas feitas. O segundo grupo de autores buscou traçar o perfil das representações dos moradores da Baía de Camamu sobre o Filo Porífera. A pesquisa foi realizada a partir de entrevistas e suas respostas categorizadas dentro do perfil de conhecimento sobre os poríferos.

Outros trabalhos referentes ao meio ambiente buscam analisar as representações de estudantes de diferentes níveis de ensino sobre os mais variados tópicos a ele relacionados. Os autores Ponte e Cabellero (2005) investigaram as representações sociais dos estudantes sobre a prática de reciclagem. Os autores consideram que essas representações podem ajudar o docente a compreender as diferentes posturas em relação à reciclagem, a partir da realidade dos estudantes, de seus conhecimentos e de seus interesses. Barcellos et al. (2005) buscou

identificar as representações sociais de estudantes e professores sobre o ecossistema manguezal, com a intenção de oferecer subsídios que auxiliassem na educação ambiental. A técnica utilizada foi a de evocação livre das palavras e os dados foram analisados pelo software EVOC.

As pesquisadoras Martinho e Talmoni (2007) investigaram as representações de estudantes da quarta série, sendo os resultados analisados através da análise do conteúdo a partir de observações, desenhos e questionários. Também, a partir da análise de desenhos, Schuwarz et al. (2007, 2016) investigaram as representações sociais em crianças entre 6 e 14 anos referente à mata atlântica e a sua biodiversidade. Nessa revisão pudemos verificar que desenhos também são muito utilizados para identificar representações de diferentes temas.

Os autores Falcão e Roquette (2007) identificaram as representações sobre natureza em quatro escolas do ensino fundamental a partir de questionários e entrevistas, com vistas a apurar as representações sociais do grupo de estudantes.

Com o mesmo objetivo, Aires e Bastos (2011) utilizaram a técnica de mapa mental com alunos da Educação Básica de Tocantins. Como resultados observaram uma diferença considerável quanto à liberdade de expressão dos sujeitos investigados.

Por sua vez, Junior e Tomanik (2012) investigaram as representações sociais dos estudantes da educação básica sobre a reserva biológica de Perebas, no oeste do Paraná. Os autores utilizaram, para coleta de dados, a técnica de evocação livre das palavras e da análise do conteúdo das redações.

Nestes trabalhos revistos observamos diferentes métodos de análise, prevalecendo, no entanto, a associação livre das palavras e a análise de conteúdo, dois dos métodos que foram utilizados em nossa pesquisa quando da busca das representações sociais da radiação.

2.1.2.2 Subcategoria Ensino de Matemática

Nesta subcategoria incluímos 4 trabalhos que buscaram as representações de professores e estudantes sobre a Matemática ou conceitos.

Graça e Moreira (2004) desenvolveram um trabalho de cunho exploratório em um grupo de professores de Matemática, com o objetivo de compreender a forma de promover uma evolução representacional que conduzisse à prática e favorecesse a aprendizagem significativa. Graça et al. (2004), em um segundo estudo, buscou identificar, caracterizar e descrever as representações da Matemática em um grupo de professores, em diferentes etapas e utilizaram o teste de evocação hierarquizada junto com um questionário individual. A análise dos dados baseou-se em categorias pré-determinadas.

O estudo de Cunha et al. (2011) investigou quais concepções que os tutores de Ensino à Distância têm em relação ao ensino de geometria na disciplina de Matemática. Os resultados indicam quais são as representações sociais sobre o ensino de geometria, elencando fatores importantes a serem considerados. O método utilizado para a análise das perguntas foi a metodologia do Discurso do Sujeito Coletivo, por meio de software.

Por fim, encontramos um quarto estudo sobre representações sociais de Matemática. Neste, os autores Oliveira et al. (2014) analisaram as representações sociais a partir dos discursos dos professores de Matemática da rede estadual. Primeiro foi entregue um questionário com 10 questões, seguido de uma entrevista semiestruturada. As respostas, por sua vez, tiveram na Análise do Discurso um olhar para além do linguístico.

Como percebemos, na área da Matemática foram encontrados poucos trabalhos e, especificamente quanto aos conceitos, apenas 1 trabalho buscou as representações da geometria. Ficaram evidentes, nesta subcategoria, as diferentes metodologias adotadas visto que na categoria anterior as metodologias se mostravam mais homogêneas.

2.1.2.3 Subcategoria Saúde

Aqui enquadraremos os estudos que tratam de representações cuja temática é a saúde. Quatro trabalhos foram revistos.

O primeiro, de Garelli et al. (2017), buscou as representações sociais de saúde e teve como objetivo contribuir para formação de professores. Apresentou uma análise das representações de saúde de professores em atividade inicial e utilizou como instrumentos de pesquisa fragmentos de textos sobre saúde e a produção gráfica. O processo de análise utilizado foi a de conteúdo de Bardin e a análise das produções gráficas foi realizada a partir da abordagem semiótica, de acordo com os pontos de vista denotativo e conotativo.

Com um enfoque mais específico na busca das representações sociais de saúde, Nunes, et al. (2006), investigaram as enteroparasitoses. Os autores analisaram as representações sociais dos coletores de lixo sobre as condições de trabalhos e o risco que a atividade profissional oferece. Monroe et al. (2013) buscaram as representações sociais sobre o tema saúde, parasitoses intestinais e ensino de Ciências. Os sujeitos da pesquisa foram professores do ensino fundamental, e a técnica utilizada foi de entrevista “Grupo Focal”. A metodologia para investigar os resultados foi a análise do conteúdo.

Por fim, Calvacante et al. (2005) analisaram as representações sociais de um grupo de aproximadamente 120 docentes da educação básica sobre drogas. O método de coleta e análise

dos dados foi através das respostas dadas pelos professores a uma questão que deveria ser completada: “Para você drogas são _____”. A partir da leitura das respostas foram estabelecidas categorias. Como resultado os autores observaram que os professores apresentam representações bastante negativas e muitas vezes alarmistas sobre drogas, classificando-as como algo maléfico e que produz danos irreversíveis.

2.1.2.4 Subcategoria Ensino de Ciências

Nesta subcategoria relacionamos 10 investigações que se utilizaram da Teoria das Representações Sociais. Para sua análise, agrupamos os trabalhos encontrados por semelhança nos objetivos; sucintamente teceremos comentários sobre a metodologia utilizada.

No primeiro bloco de análise temos dois trabalhos que buscaram representações sociais de estudantes de pós-graduação sobre ser professor de Ciências (Junior Magalhães et al. 2013), e de estudantes da formação inicial sobre ser biólogo (Tolentino e Rosso, 2014). Ambos os trabalhos utilizaram a Teoria do Núcleo Central como complemento para analisar a centralidade das representações sociais e, como técnica de coleta de dados, o teste de evocação livres das palavras.

O segundo bloco de artigos enfatiza temas gerais sobre Ciências. Mazzitelli e Aparicio (2009) apresentam os resultados obtidos de um estudo que investigou as representações sociais de estudantes sobre o conhecimento e o ensino de Ciências e sua influência na aprendizagem. Entre as técnicas utilizadas, os autores empregaram o diferencial semântico e os resultados obtidos permitiram detectar, de uma perspectiva psicossocial, alguns aspectos que favoreciam e outros que impediam a aprendizagem. Comiotto (2010) elaborou um artigo teórico para análise das categorias de Moscovici e a metodologia de Abric utilizadas para subsidiar as representações sociais de professores-engenheiros quanto à concepção de Ciências, Tecnologia e Sociedade e quais as implicações destas em suas práticas pedagógicas.

No trabalho de Santana e Passos (2013) é apresentada uma análise preliminar das representações sociais de professores em formação continuada sobre o termo “jogo” no ensino de Ciências. Os autores fizeram um levantamento qualitativo com base nas respostas do pré e pós-teste durante um curso de formação e utilizaram a análise de conteúdo para categorizá-las.

Silva e Queiroz (2013) apresentam os resultados da investigação acerca das representações da qualidade do ensino de Ciências de professores do ensino médio que ministram aulas de Biologia, Física e Química. Utilizaram como método a técnica de grupo focal e a análise qualitativa do material simbólico.

Valença e Falcão (2012) analisaram as representações sociais de professores-pesquisadores de biologia quanto à teoria da evolução. Para coleta foram aplicadas três questões e para a análise das respostas dos entrevistados, uma metodologia qualiquantitativa formulada a partir do conceito de Representações Sociais, o Discurso do Sujeito Coletivo.

Para investigar as representações sobre insetos em estudantes do ensino médio, os autores Trindade et al. (2012) empregaram um questionário para coleta de dados e a análise de conteúdo para categorizar as representações sociais.

Encerrando a análise de objetos de representação com conceitos de Biologia, revisamos um artigo de Salamanca-Avila et al. (2013) em que propõem uma metodologia que integre mapas conceituais e métodos analíticos de representação para investigar as representações sociais dos conceitos de ecologia. Utilizam a metodologia que envolve uma combinação de conceito e mapas como ferramenta para coletar dados de estudantes articulada com a teoria do núcleo central. Para comparar os resultados das análises foram propostos dois modelos gráficos para visualizar a Representação comum ao grupo de estudantes: o primeiro modelo destaca o núcleo e a periferia desta representação e o segundo permite estudar e aprofundar a estrutura e o conteúdo do núcleo.

Por fim, encontramos a investigação de Mateu e Moreira (2014) que analisaram as representações sociais presentes nas letras das músicas que fazem parte do meio adolescente. Entendem que estas representações são produtos elaborados e compartilhados. O objetivo foi observar como essas representações, emergidas das letras das músicas, se relacionam com a aprendizagem de conhecimentos científicos relacionados à genética. Os autores utilizaram a análise de conteúdo de Bardin para as letras e melodias das canções investigadas.

2.1.2.5 Subcategoria Ensino de Química

Nesta categoria elencamos os estudos que tratam de representações de temas presentes no ensino de Química. Localizamos 4 trabalhos para nossa análise.

Fonseca e Loguercio (2013) investigaram as representações sociais de nutrição de estudantes do ensino médio. A pesquisa teve como objetivo utilizar essas representações para elaboração da unidades didáticas, bem como os efeitos do enfoque na dinâmica do ensino.

Um segundo estudo, de Lacolla et al. (2014), teve como objetivo investigar as representações sociais de estudantes acerca de reações químicas. Foram analisadas, também, as mudanças nas representações iniciais depois da aplicação de uma sequência didática. Foi utilizada a técnica de evocação livre das palavras e os dados analisados pelo software EVOC.

As autoras Oliveira et al. (2015) trabalharam com as representações sociais dos docentes em sua prática pedagógica e o desempenho dos estudantes, num trabalho mais amplo. Investigaram as respostas que os estudantes deram para uma avaliação aplicada ao final de uma sequência didática. Para apurar as representações sociais, as autoras implementaram um questionário com vista a identificar o conteúdo e as representações sociais sobre ensino e aprendizagem de Química, cujos resultados foram analisados qualitativamente.

Por sua vez, Miranda et al. (2015) apresentam um estudo que abrange a área da Química e investiga as representações sociais dos acadêmicos sobre ser professor de Química. Foram utilizados questionários e a técnica da evocação livre das palavras.

2.2 Considerações acerca da Revisão da Literatura

Observamos, pela revisão realizada, que as pesquisas apresentam um enfoque qualitativo, que os sujeitos interpelados são estudantes da escola básica, universitários e professores e que apenas alguns trabalhos trazem, como sujeitos, pessoas da comunidade.

Como instrumento de coleta de dados foram utilizados questionários, mapas e desenhos, optando os pesquisadores, em sua grande maioria, pela técnica da evocação livre de palavras como forma de obter informação sobre as representações sociais, instrumento este utilizado na nossa pesquisa.

Os artigos também revelaram a multiplicidade dos objetos de representação pesquisados sob a ótica da Teoria das Representações Sociais, o que evidencia uma grande possibilidade de investigações com aporte desta teoria no meio acadêmico educacional.

Por fim, os resultados de muitos dos trabalhos revisados também demonstram que a Teoria das Representações Sociais precisa ser mais explorada na área de ensino de Física, especificamente em relação aos conceitos que envolvem a Física.

Acreditamos que a partir da investigação das representações sociais dos estudantes será possível compreender como os conhecimentos prévios que estão presentes nestas representações ancoram-se aos novos conhecimentos. Nesse contexto, as representações sociais comportam-se como agentes facilitadores da aprendizagem.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Uma das grandes preocupações das pesquisas na área de ensino de Ciências na atualidade é investigar a dinâmica da aprendizagem de conceitos científicos em sala de aula. Muitos trabalhos desenvolvidos, especificamente na área de ensino de Física, são fundamentados em diferentes referenciais que buscam desenvolver estratégias didáticas centradas no aluno, com o objetivo de tornar a aprendizagem menos tradicional, abandonando-se a memorização, a fragmentação dos saberes e a aprendizagem centralizada no professor.

No entanto, em sala de aula os conteúdos continuam sendo ministrados através de abordagens baseadas em princípios comportamentalistas, onde os métodos expositivos, a transmissão de conhecimento, o ensinar visando o acesso aos cursos superiores são privilegiados. A maioria dos professores ainda se preocupa apenas com as respostas e as consequências do conhecimento adquirido em sala de aula, privilegiando o comportamento observável em detrimento da aprendizagem com significados e seus planejamentos didáticos ainda seguem o livro texto. Para Moreira (2012), a aprendizagem, nesta perspectiva, ocorre devido ao reforço e à presença de contingências reforçadoras, além de ser predominantemente memorística e sem significado. Ao invés disso, o ensino de Ciências deve ser centrado no aluno e no desenvolvimento de competências científicas, focado na aprendizagem significativa de conteúdos clássicos e contemporâneos (MOREIRA, 2014).

As pesquisas atuais buscam modificar a abordagem fragmentada e comportamentalista que há tempos é reproduzida nas salas de aula. A ênfase a referenciais cognitivistas, construtivistas, humanistas e com um viés voltado ao social tem sobressaído.

A corrente cognitivista enfatiza o processo de cognição através do qual a pessoa atribui significados à realidade em que se encontra. Preocupa-se com o processo de compreensão, transformação, armazenamento e uso da informação envolvido na cognição e procura regularidades nesse processo mental. Nesta corrente situam-se autores como Bruner, Piaget, Ausubel, Novak e Kelly. “Alguns deles são construtivistas com ênfase na cognição (Bruner, Piaget, Ausubel e Novak), ou enfatizam o afetivo, (Kelly e Rogers)” (OSTERMANN E CAVALCANTI, 2010), outros se inserem na perspectiva social, como Vigotski e Freire.

Vigotski tem ancorado muitas pesquisas no ensino de Ciências e auxiliado a configurar perspectivas teóricas onde o contexto social em que os estudantes estão inseridos é amplamente considerado. Freire, por sua vez, vincula o processo educacional às vivências dos sujeitos, seus contextos, hábitos e conhecimentos, buscando, acima de tudo, uma transformação social. Num viés contemporâneo, porém pouco explorada no ensino de Física, temos a Teoria das

Representações Sociais de Serge Moscovici. Ela apresenta um olhar para o ensino focado nos aspectos socioculturais, onde os conhecimentos dos alunos ultrapassam os muros escolares, estão enraizados em suas culturas e crenças, são disseminados pela mídia, transmitidos por gerações e compartilhados com o grupo social ao qual fazem parte.

Pode-se perceber, portanto, que muitos autores se preocupam com a aprendizagem e com as metodologias que podem ser inseridas no ambiente educacional, visando promover um ensino voltado para o aluno e para uma aprendizagem com significados. Dentro desta perspectiva procuramos alicerçar nosso trabalho em teorias construtivistas com um enfoque social, de forma a agregar uma base teórica que fosse ao encontro da realidade do contexto escolar e dos conhecimentos científicos que desenvolvemos.

Especificamente para o desenvolvimento desta tese, alguns enfoques das teorias de aprendizagem e metodológicas foram fundamentais. A Teoria das Representações Sociais de Serge Moscovici e colaboradores e a Teoria do Núcleo Central de Jean Claude Abric serviram de base para a construção da primeira etapa desta pesquisa, onde buscamos as possíveis representações sociais da Radiação.

Na segunda etapa implementamos atividades seguindo a linha construtivista, tendo a Aprendizagem Significativa de David Ausubel (2000) como base para a construção de UEPS. Também nos valem os ensinamentos de Joseph Novak e D. Bob Gowin (1984), da Aprendizagem Crítica de Marco Antonio Moreira (2010), da Teoria Sócio-Histórica do desenvolvimento cognitivo de Vygotsky (1988) e da Teoria dos Campos Conceituais de Gerard Vergnaud (1990), este último como referencial de construção e análise das situações desenvolvidas.

Nas subseções abaixo, discorreremos sobre algumas das principais teorias utilizadas nesta pesquisa de forma sucinta e com a finalidade de proporcionar ao leitor um breve delineamento dos referenciais envolvidos na construção desta tese, evidenciando a importância dos estudos da Psicologia da Aprendizagem para a compreensão dos processos de ensino.

3.1 A Teoria das Representações Sociais

A primeira etapa desta pesquisa foi elaborada com o suporte da Teoria das Representações Sociais (TRS), onde utilizamos uma proposta teórica complementar, qual seja a abordagem estrutural com base na Teoria do Núcleo Central (TNC). A partir destas teorias e das contribuições de seus estudiosos pudemos compreender as dimensões das representações emergidas pelos sujeitos aqui estudados e entender o que são representações sociais, como os

estudantes partilham e constroem o conhecimento a partir delas e como produzem esses saberes sociais.

A TRS foi proposta, inicialmente, por Serge Moscovici em sua tese intitulada *La Psicanalyse: Son image et son public*, que abordou o fenômeno da socialização da psicanálise e sua transformação para servir a outros usos e funções sociais e analisou a forma e a razão pelas quais as pessoas partilham o conhecimento. Moscovici buscou, através deste trabalho, apurar o conhecimento do senso comum a partir do cotidiano da diversidade dos sujeitos.

Para Moscovici (1978), a representação social é uma modalidade de conhecimento particular que tem por função a elaboração de comportamentos e a comunicação entre indivíduos. Nesta perspectiva, as representações sociais têm a preocupação em compreender como se dá o processo de construção do conhecimento entre o sujeito e o objeto e se esse conhecimento (representação), que pode ser individual e coletivo ao mesmo tempo, é compartilhado.

O termo “representação social” foi um novo olhar de Moscovici sobre o conceito de representação coletiva proposta por Émile Durkheim e designa tanto um conjunto de fenômenos quanto o conceito que os engloba, bem como a teoria construída para explicá-los (Sá, 2002). Nesta abordagem, o social vai influenciar no conteúdo das representações que servirá como orientação em relação a um objeto de representação.

O estudo das representações sociais é complexo, o que torna difícil apresentar um conceito formal, como admitido pelo próprio Moscovici em sua obra. Ele afirma que se a realidade das representações sociais é fácil de captar, o conceito não é e admite que, embora as representações sociais sejam entidades “quase tangíveis” na medida em que povoam o nosso cotidiano, a essência desse conceito não é fácil de apreender (Moscovici, 1978 *apud* Sá, 2002). Moscovici entende representação social como:

um conjunto de conceitos, proposições e explicações na vida cotidiana no curso de comunicações interpessoais. Elas são o equivalente, em nossa sociedade, aos mitos e sistemas de crenças das sociedades tradicionais; podem também ser vista como a versão contemporânea do senso comum. (MOSCOVICI, 1978, p.181 *apud* SÁ, 2002).

Então, o que difere conhecimento científico do conhecimento do senso comum? O senso comum tem sua validade como conhecimento capaz de orientar grupos e classes no que diz respeito a ordem de valores e ideologias e em modelar estratégias na luta pela sobrevivência. Já o conhecimento científico resulta de um processo reflexivo que só adquire validade após passar pelo crivo de uma comunidade de especialistas no assunto.

Dessa forma, a construção do conceito de representações sociais vai se fazendo por aproximações sucessivas, sistematizadas pelos estudiosos da teoria.

Denise Jodelet, uma das principais estudiosas e colaboradoras de Moscovici, tem contribuído para a formação de um conceito mais esclarecedor sobre representações sociais. Segundo ela

as representações sociais são forma de conhecimento socialmente elaborado e compartilhado, com um objetivo prático e que contribui para a construção de uma realidade comum a um conjunto social. Igualmente designada como saber do senso comum ou ainda saber ingênuo, natural, esta forma de conhecimento é diferenciada, entre outras, do conhecimento científico. (JODELET, 2001, p.22)

A autora afirma, também, que a representação social deve ser estudada articulando elementos afetivos, mentais e sociais e integrando, ao lado da cognição, da linguagem e da comunicação, as relações sociais que afetam as representações e a realidade material, social e ideal (das ideias) sobre a qual elas vão intervir (JODELET, 2001).

Além disso, as representações sociais devem ser projetadas como um modo particular de compreender e compartilhar o que já é sabido, pois abordam

um sistema de valores, ideias e práticas, com uma dupla função: primeiro, estabelecer uma ordem que possibilitará às pessoas orientar-se em seu mundo material e social e controlá-lo; e, em segundo lugar, possibilitar que a comunicação seja possível entre os membros de uma comunidade, fornecendo-lhes um código para nomear e classificar, sem ambiguidade, os vários aspectos de seu mundo e da sua história individual e social (MOSCOVICI, 2003, p. 21).

Por sua vez, Bertolino (2009) afirma que as representações sociais se distinguem como um grupo conjugado de conceitos, suposições e elucidações decorrentes do dia a dia das comunicações interpessoais, equivalendo, em nossa realidade, aos mitos e crenças das sociedades tradicionais, além de poderem ser concebidas como uma variante do senso comum no mundo contemporâneo.

Indivíduos (alunos) fazem parte de uma sociedade e estão submetidos aos seus valores, informações, contextos e culturas que são partilhados na sua vida social, de tal forma que ao chegarem na escola já possuem representações (ideias de diferentes conhecimentos).

Segundo Jodelet (2001), a representação social é um saber do senso comum, um conhecimento socioconstruído; são fenômenos complexos sempre ativados e em ação na vida social, possuindo as seguintes características fundamentais:

A representação social é sempre representação de alguma coisa (objeto) e de alguém (sujeito); a representação social tem com seu objeto uma relação de simbolização (substituindo-o) e de interpretação (conferindo-lhe significações); a representação será apresentada como uma forma de saber: de modelização do objeto diretamente legível em diversos suportes linguísticos, comportamentais ou materiais; ela é uma forma de conhecimento; - qualificar esse saber de prático se refere à experiência a partir da qual ele é produzido, aos contextos e condições em que ele o é e, sobretudo, ao fato de que a representação serve para agir sobre o mundo e o outro (JODELET, 2001, p.27).

Podemos considerar, portanto, representações sociais como fenômenos que pertencem a grupos sociais específicos que têm um modo particular de compreender, construir e compartilhar conhecimentos, assuntos e ideias.

Para Moscovici, existem na sociedade duas formas diferentes de produzir e divulgar o conhecimento: o universo consensual e o universo reificado. O *universo consensual* está presente no nosso cotidiano, são representações produzidas nas nossas relações sociais no dia a dia, chamadas de senso comum. Já o *universo reificado* diz respeito ao conhecimento científico comprovado pela Ciência, o conhecimento formal, o rigor científico, aquele que é erudito.

Para Moscovici (2003), no universo reificado a sociedade é transformada num sistema de entidades sólidas, ela mesma ignorando suas próprias criações, vendo somente objetos isolados. Arruda define esses universos como:

Universo consensual – [...] Aquele que se constitui principalmente na conversação informal, na vida cotidiana. As Representações Sociais constroem-se mais frequentemente na esfera consensual, embora as duas esferas não sejam totalmente estanques. As sociedades são representadas por grupos de iguais, todos podem falar com a mesma competência. A Representação Social é o senso comum, acessível a todos. - **Universo reificado** (ou científico) – Se cristaliza no espaço científico, com seus cânones de linguagem e sua hierarquia interna. A sociedade é de especialistas onde há divisão de áreas de competência. Aqui é a Ciência que retrata a realidade independente de nossa consciência; estilo e estrutura fria e abstrata. (ARRUDA, 2002, p.130)

As representações sociais são uma forma de saber; a partir delas os sujeitos podem compreender e explicar a realidade que os cerca e construir novos conhecimentos.

Moscovici (2003) descreve dois processos sociocognitivos que atuam na formação da representação social para dar ao não familiar aspectos familiares. O primeiro é a *ancoragem*, que transforma o estranho e o perturbador em um sistema de categorias de nossa própria esfera particular, possibilitando compará-los, interpretá-los e depois reproduzi-los entre as coisas que

nós podemos ver e tocar e, conseqüentemente, controlar através de imagens comuns. O segundo é *a objetivação*, que une a ideia de não familiaridade com a de realidade, tornando verdadeira a essência da realidade. Nesse contexto, os processos de objetivação e ancoragem servem para nos familiarizar com o “novo”, primeiro posicionando-o no nosso quadro de referência, onde pode ser comparado e interpretado, e depois reproduzindo-o e colocando-o sob nosso controle.

Nesse sentido, as representações sociais desempenham um importante papel nas práticas e na dinâmica das relações sociais, principalmente na escola, onde os sujeitos estão em constantes interações com diferentes formas de conhecimento. O compartilhamento desses saberes no ambiente escolar, pertencentes ao universo consensual, entre os próprios alunos e entre alunos e professores, a nosso ver, auxilia na assimilação e compreensão dos conhecimentos científicos presentes no universo reificado.

O estudo das radiações, objeto deste trabalho, vem ao encontro deste compartilhar com a realidade dos estudantes e com a prática que estes vivenciam, pois ao falarmos sobre radiação percebemos que os conceitos científicos envolvidos se aproximam mais do senso comum. São por vezes disseminados precariamente pela mídia, explorados ficcionalmente por filmes ou superficialmente por documentários, deixando em segundo plano o rigor científico, o que faz com que sejam compartilhados de forma simplista e muitas vezes equivocada.

A nosso ver, na atualidade, os meios de comunicação desempenham um papel fundamental na emergência dos elementos sociocognitivos de representações devido à grande diversidade de informações disseminadas pelas diferentes mídias. Para Jodelet (2001) a comunicação social, sob seus aspectos interindividuais, institucionais e midiáticos, aparece como condição de possibilidade e de determinação das representações sociais.

Nesse contexto, a TRS propiciou novas possibilidades de tratar os conhecimentos prévios dos estudantes. Constituiu-se num valioso aporte teórico, complementando os referenciais utilizados na presente pesquisa, pelo fato dela se ocupar em estudar o saber produzido no cotidiano, centrando-se na análise da construção e transformação do conhecimento social. Também contribuiu para entendermos como se dá o processo de transformação do que se sabe sobre os diferentes tipos de radiação, compreendidas a partir do universo consensual para o universo reificado, possibilitando avançarmos na compreensão da construção mental e social que fluem das interações presentes no contexto escolar.

Assim, partindo deste referencial, procuramos explorar, no Estudo 1, as representações dos sujeitos da pesquisa verificando como eles pensam determinadas situações envolvendo as diferentes formas de radiação no dia a dia e como descrevem o que estão pensando, auxiliando-

os na transposição da linguagem cotidiana à linguagem científica, evoluindo para a construção de significados aceitos cientificamente.

3.1.1 Representações sociais: hipóteses, dimensões e funções

Nesta seção apresentamos uma síntese dos principais processos que ancoram e personificam as representações sociais nas visões de seus pesquisadores. Estas características alicerçaram nossos resultados e nos ajudaram a compreender as representações sobre radiação emergidas dos estudantes.

Moscovici (2003) estabelece três **hipóteses** ao buscar responder o porquê das representações serem criadas e quais as suas propriedades cognitivas, quais sejam: *desiderabilidade* (desejar), *desequilíbrio* e controle.

A primeira hipótese foi chamada de *desiderabilidade*, que é quando uma pessoa ou grupo procura criar imagens e construir sentenças que irão tanto revelar quanto ocultar suas intenções. Na sequência temos a hipótese denominada *desequilíbrio*, que ocorre diante das tensões, dos fracassos, da incapacidade e da falta de integração social e se refere à busca dos meios para solucioná-las, restaurando o equilíbrio da própria pessoa através de compensações imaginárias. Por fim, a hipótese de *controle*, onde grupos filtram informações e criam representações para estabelecer o controle do comportamento individual.

Essas hipóteses complementam a ideia de Moscovici de tornar o não-familiar em algo familiar. A familiarização é o processo pelo qual indivíduos, em determinados grupos sociais, visam constituir uma realidade em que possam se sentir a salvo de riscos e atritos e se confortar em relação à ameaça da descontinuidade e falta de sentido, cuja tensão oposta é produzida pelo não-familiar (MOSCOVICI, 2003).

Quanto às **dimensões** das Representações Sociais, Moscovici (1978) elencou três dimensões sobre as quais se configura a estrutura das representações sociais: informação, campo de representação e atitude. Quando ocorre a sistematização dos conhecimentos que o grupo tem sobre o objeto social, temos a dimensão *informação*. A dimensão *campo de representação* remete à ideia de imagem, de modelo social, associada a um conteúdo concreto e preciso sobre o objeto. Já a dimensão *atitude* focaliza a orientação global para uma ação favorável ou desfavorável em relação ao objeto da representação. Estas dimensões vêm oferecer unidade e coerência no conteúdo e no sentido das representações.

O estudo das representações é amplo e possui outras dimensões. Para Jodelet (2001), a representação social é uma forma de saber prático que liga o sujeito ao objeto através de três dimensões delineadas a partir de três perguntas:

- “Quem sabe e de onde sabe?”, cujas repostas estão ligadas a *produção e circulação das representações sociais*;
- “O que e como sabe?”, cujas repostas correspondem ao *processo e estado das representações sociais*, a respeito do que é pensado sobre determinado objeto;
- “Sobre o que se sabe e com que efeito?” *correspondem ao estatuto epistemológico das representações sociais*; é o estudo das relações entre ciência e as representações sociais.

No que diz respeito às **funções**, as representações sociais se subdividem em quatro tipos: função do saber, identitária, de orientação e justificatórias.

A **função do saber** está relacionada ao saber do senso comum; permite compreender e explicar a realidade, facilitando a comunicação. Permite aos atores sociais adquirir os conhecimentos e os integrar num quadro assimilável e compreensível para eles, em coerência com seu funcionamento cognitivo e os valores aos quais eles aderem (ABRIC, 2000). A **função identitária** define a identidade e permite a proteção de suas características específicas. Segundo Abric (2000) às representações como definidoras da identidade de um grupo, desempenham um papel importante no controle social exercido pela coletividade sobre cada um de seus membros, em particular, no processo de socialização. A **função de orientação** guia os comportamentos e as práticas sociais. Define o que é lícito, tolerável, aceitável ou não em um dado contexto social. Por fim, a **função justificatória** permite justificar as práticas e as condutas sociais realizadas.

As representações têm por função preservar e justificar a diferenciação social; elas podem estereotipar as relações entre grupos e contribuir para discriminação ou para manutenção da distância social entre eles (ABRIC, 2001). Para o autor a análise das funções das representações sociais é um elemento essencial na compreensão dos determinantes dos comportamentos e das práticas sociais.

As representações sociais são fenômenos complexos sempre ativados e em ação na vida social. Assim, podemos analisar essas representações a partir de diversos elementos, que podem ser informativos, cognitivos, ideológicos, afetivos, normativos, crenças, valores, atitudes, opiniões, imagens, ou de um coletivo que reúne maior adesão a uma ideia que é compartilhada por um grupo social.

3.2 A Teoria do Núcleo Central - TNC

A TNC – também chamada abordagem estrutural – foi proposta por Jean Claude Abric em 1976, em sua tese de doutorado. Essa teoria centra-se nos processos sociocognitivos com o estudo das estruturas das representações sociais e apresenta uma organização específica: um sistema central e um sistema periférico.

Enquanto Moscovici e Jodelet voltaram seus estudos para o processo de construção das representações sociais, o grupo de pesquisa liderado por Abric (2000) buscou compreender como se organizam e se estruturam essas representações.

Para Abric (2003), as representações se organizam em torno de um sistema central, porque em todo pensamento social há uma certa quantidade de crenças, coletivamente produzidas e historicamente determinadas, que não podem ser questionadas, posto que elas são o fundamento dos modos de vida e garantem a identidade e a permanência de um grupo social.

O **sistema central (núcleo central, centralidade)** da representação contém elementos que são estruturantes, estáveis e autônomos, e definem a homogeneidade do grupo. Possui características específicas e desempenha diferentes funções. O **sistema periférico (elementos periféricos)** é bem menos limitante, pois é flexível, instável, sensível ao contexto imediato, e define a heterogeneidade do grupo.

O núcleo central configura-se como um subsistema capaz de determinar, organizar e dar estabilidade à representação de determinado objeto social e pode ser caracterizado a partir de duas funções essenciais:

Função geradora: é o elemento pelo qual se cria ou se transforma o significado dos outros elementos constitutivos da representação. Pela função geradora os outros elementos ganham um sentido, um valor.

Função organizadora: é o núcleo central que determina a natureza dos elos, unindo entre si os elementos da representação. Neste sentido, o núcleo central é o elemento unificador e estabilizador da representação. (ABRIC 2000, p.20).

Os elementos de centralidade possuem características estabilizadoras e são os que mais resistem às mudanças. Através dessa estabilidade é possível perceber diferenças essenciais entre representações.

Os elementos do sistema periférico protegem o núcleo central e servem como mediadores entre o cotidiano dos indivíduos e os elementos centrais da representação social. De acordo com Abric (2000), os elementos periféricos respondem a três funções:

Função de *concretização*: diretamente dependentes do contexto, os elementos periféricos resultam da ancoragem da representação na realidade. Constituem a interface entre o núcleo central e a situação concreta na qual a representação é elaborada ou colocada em funcionamentos. Permitem a formulação da representação em termos concretos, imediatamente compreensíveis e transmissíveis.

Função de *regulação*: defender e proteger a significação do núcleo, pois são mais flexíveis que os elementos centrais, os elementos periféricos têm um papel essencial na adaptação da representação às evoluções do contexto. Então, as informações novas ou as transformações do meio ambiente podem ser integradas na periferia da representação.

Função de *defesa*: resiste à mudança, posto que sua transformação provocaria uma alteração completa. A transformação de uma representação se opera, na maior parte dos casos, através da transformação de seus elementos periféricos: mudança de ponderação, interpretações novas, deformações funcionais defensivas, integração condicional de elementos contraditórios (ABRIC, 2000, p.31).

Com estas três funções o sistema periférico torna-se mais preparado para reagir perante as diferentes situações. A representação social do cotidiano se encontra dentro do sistema periférico, pois, segundo o autor, são nas experiências do dia a dia que se ativam, de maneira significativa, alguns elementos desse sistema (CAMPOS, 2003).

Quando da análise da possível centralidade das representações, procuramos relacioná-las com as características e funções delineadas pelos estudiosos da teoria, na tentativa de entender como se organizam esses elementos em torno do núcleo central, buscando as diferenças e semelhanças entre as representações. Já os elementos periféricos nos mostram, a partir das funções elencadas por Abric, possibilidades de mudança, onde verificamos possíveis contradições.

No quadro 2 apresentamos, sinteticamente, as funções e características presentes nos elementos sociocognitivos estruturados dentro da técnica do quadro de quatro casas.

Centralidade	Sistema Periférico
Ligado à memória coletiva	Experiências e histórias individuais
Homogeneidade do grupo	Heterogeneidade do grupo
Estável	Flexível
Rígido	Conflitos
Resistente às mudanças	Evolutivo
Normativo	Funcional
Função geradora	Protege o núcleo central
Função organizadora	

Quadro 2: Elementos sociocognitivos e suas funções presentes no quadro de quatro casas com base em Abric.
Fonte: Elaborado pela autora

As pesquisas que têm por base referenciais das representações sociais utilizam-se de diferentes métodos e técnicas de análise, tanto no que se refere ao tratamento quanto à coleta dos dados, orientadas pela construção teórica específica adotada pelo pesquisador. Para a identificação dos elementos centrais são utilizados diferentes procedimentos de análise de provas chamadas de “testes de centralidade”.

Para esta pesquisa utilizamos, também, a *análise prototípica* proposta por Vergès, chamada de análise das evocações ou técnica do quadro de quatro casas, que é uma das técnicas mais usada para explorar as representações sociais. Esta técnica de análise é utilizada para caracterizar a estrutura das representações a partir das palavras evocadas, e possibilita que se comparem as evocações espontâneas com as de escolha racional, a partir do software EVOC. Este software, desenvolvido por Vergès, permite, por meio de relações matemáticas (quadro de quatro casas) fazer aproximações ao núcleo central e sistema periférico. Também possibilita que se cruzem os dados por frequência e por ordem de evocação, permitindo identificar o que é central e o que é periférico nas representações.

No capítulo 5 exploraremos esta técnica com mais detalhes, bem como discorreremos sobre a análise de similitude, que foi utilizada para analisar as explicações dadas pelos alunos às palavras evocadas, permitindo uma apuração mais qualitativa das relações estabelecidas pelos sujeitos e suas representações.

Buscamos, portanto, a partir da análise das representações segundo a TNC, caracterizar a representação social de estudantes do ensino médio sobre Radiação com base na combinação de análise prototípica com análise de similitude.

3.3 As Representações Sociais e o Ensino de Física

Iniciamos esta seção convidando o leitor a pensar no ensino de Ciências, mais especificamente no ensino de Física, refletindo sobre as seguintes questões: Como você aprende Física? Como a Física é ensinada? Através de leituras, livro-texto, experimentos, cálculos complexos, modelos? E em relação ao que nos cerca, como observamos os fenômenos da natureza? De que maneira podemos explicar como surge um arco-íris? Como as cores se formam? O que é a luz? Como podemos escutar uma música ou olhar um filme na televisão ou no celular? Como “sentimos” calor? Como é possível observar as estrelas? Como ocorre o processo de aquecimento de um alimento no micro-ondas?

Talvez tenhamos respostas simples para estas questões, pois tudo nos parece familiar e vivenciadas em nosso dia a dia; as aulas de física seriam desnecessárias para respondermos a elas. Porém, quando pedimos para que uma pessoa explique uma destas questões, o familiar já não parecer tão familiar. Como responder então? Provavelmente você irá responder utilizando uma possível representação e talvez irá se valer de explicações compartilhadas no grupo social ao qual você pertence, como também recorrer a noções presentes no senso comum.

Sá (1998) esclarece que os fenômenos de representação social estão espalhados por aí, na cultura, nas instituições, nas práticas sociais, nas comunicações interpessoais de massa e nos pensamentos individuais.

Em nosso trabalho, o estudo das representações sociais possibilita conhecermos o que pensa e como age o grupo social (os estudantes) quando são instigados a solucionar situações que envolvam questões da Ciência presentes no seu cotidiano. Isto faz com que as práticas educativas que se utilizam do conhecimento prévio do aluno sejam essenciais na produção e disseminação do conhecimento.

Por sua vez, os conhecimentos prévios apresentam-se imersos nas representações sociais, o que faz o estudo de ambos fundamentais no contexto desta pesquisa. Essa aproximação entre os conhecimentos prévios e as representações, alicerces das teorias da aprendizagem significativa e das representações sociais, vai ao encontro do trabalho de Hilger.

Como a TAS se debruça sobre os subsunçores e a ancoragem cognitiva, permeadas pela negociação de significados, é possível estabelecer uma relação próxima com a TRS, em relação à formação de representações baseadas na linguagem social, que podem compor subsunçores e as relações que ocorrem durante o processo de mudança representacional e aprendizagem significativa. (HILGER, 2016, p. 5)

Acreditamos que identificar as possíveis representações sociais de conceitos científicos terá influência significativa tanto para o aluno quanto para o professor, pois a representação exerce o papel integrador entre os universos consensual e reificado. Promover um processo de elaboração de didáticas a partir destas representações, desenvolvendo práticas e metodologias que busquem integrar os conhecimentos científicos com as representações dos alunos é um dos desafios do estudo das representações.

Quando decidimos realizar uma pesquisa sobre representações sociais, procuramos um tema de relativo conhecimento do senso comum, capaz de estar presente no cotidiano dos estudantes sem que eles o percebessem e sobre o qual pudessem exprimir opiniões, saberes, conceitos. Pretendíamos pesquisar algum fenômeno de representação social que estivesse ligado à nossa prática docente e que, ao mesmo tempo, despertasse a atenção dos sujeitos envolvidos na pesquisa, em função do seu interesse social ou acadêmico. Assim, escolhemos o tema radiação para nosso trabalho.

Neste contexto, objetivando ir além da identificação das possíveis representações sociais presentes nos sujeitos da pesquisa, elaboramos sequências didáticas ancoradas em referenciais construtivistas que buscaram integrar as diferentes compreensões sobre Radiação, emergidas das representações. Como referencial de análise e de elaboração dessas sequências, recorremos

à Teoria dos Campos Conceituais e à Teoria da Aprendizagem Significativa e seus colaboradores.

Nas seções seguintes buscamos, de forma sucinta, trabalhar alguns destas teorias que deram base para estas sequências didáticas.

3.4 A Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud

A Radiação, assim como a Mecânica, a Termologia e a Eletricidade, possui vários campos conceituais e, portanto, dificilmente será compreendida de imediato, nem como sistema de conceito, nem como conceito isolado. É necessária uma perspectiva desenvolvimentista para a sua aprendizagem (Moreira, 2002). Também possibilita diferentes abordagens, além de ter um enfoque interdisciplinar que permite sua contextualização. Assim, se faz necessário tornar os conceitos que envolvem o tema Radiação algo natural ao pensamento do estudante da escola básica, rompendo o paradigma do formalismo matemático, através de estratégias que venham a privilegiar a formação de conceitos.

Nesse sentido, pensar numa proposta que possibilite aos estudantes uma aproximação com conceitos científicos vivenciados por eles, capacita-os a entender os fenômenos que os rodeiam. Portanto, é fundamental, no planejamento didático, criar situações que possam enriquecer os conhecimentos prévios dos alunos, organizando essas situações dentro de campos conceituais.

Para alicerçar a análise e a construção das situações propostas e desenvolvidas nas UEPS implementadas para esta pesquisa, as quais tiveram como objetivo inserir os diferentes tipos de radiações ancoradas nas representações dos alunos, utilizamos, como aporte teórico, a Teoria dos Campos Conceituais – TCC de Gérard Vergnaud. Nela, além da definição de *campo conceitual*, Vergnaud ainda explora os conceitos de *esquema*, *situação*, *invariante operatório* e sua compreensão de *conceito*.

Vergnaud foi orientado de Jean Piaget e é possível perceber a influência piagetiana em sua obra, sobretudo no que diz respeito às formulações de “esquema” e de “invariante operatório”. Para o autor, Piaget não deu a devida atenção a quanto o desenvolvimento cognitivo depende de situações e de conceitualizações específicas, necessárias para lidar com elas e o quanto é infrutífero tentar reduzir a complexidade conceitual a algum tipo de complexidade lógica geral (MOREIRA, 2002).

Para o estudo do funcionamento cognitivo do “sujeito em situação” trabalhados por Piaget, Vergnaud ampliou o foco das operações lógicas gerais e das estruturas gerais do

pensamento. Para isso, utilizou como referência o próprio conteúdo do conhecimento e a análise conceitual do domínio desse conhecimento.

Sua teoria apresenta características complexas, as quais vão sendo expostas durante o desenvolvimento deste trabalho. Num primeiro momento apresentamos ideias essenciais dos campos conceituais; após, uma explanação de como pretendemos utilizar a teoria para elaborar e analisar as UEPS.

A base da Teoria dos Campos Conceituais pressupõe a conceitualização do real como o núcleo do desenvolvimento cognitivo. Para Vergnaud (1983) o problema central da cognição é a conceitualização e é a partir dessa premissa que o autor desenvolve sua teoria psicológica cognitivista. Mas, o que entendemos por conceito? Como podemos definir Radiação? Quantos conceitos utilizamos? Um, dois ou vários? Como os estudantes constroem os conceitos científicos? Estas são algumas das questões que buscamos responder, como professores e pesquisadores, ao longo das diferentes situações implementadas aos sujeitos desta pesquisa.

Vergnaud, através da sua teoria, procura investigar o sujeito do conhecimento em resposta a uma situação de ensino. Para ele, o conhecimento se encontra organizado em campos conceituais, dos quais os estudantes se apropriam ao longo do tempo, através da experiência, da maturidade e da aprendizagem (Moreira, 2002). Para esta teoria, a conceitualização é o fator determinante para o desenvolvimento cognitivo, mas o autor destaca, também, a situação, que refere-se a uma tarefa, seja ela teórica ou empírica, a qual será realizada nos contextos culturais vivenciados pelos sujeitos.

Pelo fato do núcleo do desenvolvimento cognitivo ser a conceitualização, Vergnaud (1990) destaca que é preciso se deter aos aspectos conceituais dos esquemas e à análise conceitual das situações em que os alunos desenvolvem seus esquemas, tanto na escola quanto na vida real. Ele defende que para o estudo de um conceito são necessários diversos outros conceitos, situações, símbolos, representações, propriedades e teoremas interligados. São definições e características complexas abordadas na TCC.

O campo conceitual é também definido como “um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento, conectados uns aos outros e, provavelmente, entrelaçados durante o processo de aquisição” (VERGNAUD, 1998).

A definição de campo conceitual evidencia a relação direta entre as situações e os conceitos que queremos explorar. Isto demonstra que um campo conceitual nunca é formado por um só conceito, mas por vários; da mesma forma um conceito não pode ser formado com uma única situação, mas por várias situações, como relacionado por Vergnaud (1998) nas três

justificativas dadas para que se utilize o conceito de campo conceitual como forma de análise para a questão da obtenção de conhecimento:

- 1) um conceito não se forma dentro de um só tipo de situação;
- 2) uma situação não se analisa com um só conceito;
- 3) a construção e apropriação de todas as propriedades de um conceito ou todos os aspectos de uma situação é um processo de muito fôlego, que se estende ao longo dos anos, às vezes uma dezena de anos, com analogias e mal-entendidos entre situações, entre concepções, entre procedimentos e entre significantes.

Para explorarmos alguns aspectos importantes do tema Radiação, elaboramos diferentes situações a partir de vários tipos de radiações, pois não seria apenas com um conceito ou com uma situação que definiríamos Radiação. Como exemplo, citamos uma das radiações exploradas, a luz visível. Para explicá-la, podemos abordar a natureza dual da luz em diferentes situações, seja dentro de um campo conceitual ondulatório ou de um campo conceitual corpuscular. Ambas as abordagens deverão ter situações planejadas e direcionadas segundo conceitos e características do conhecimento a ser explorado e integradas às representações que os sujeitos possuem do tema que está sendo explorado, ou que possam estar ligadas a outro conceito conhecido.

Para uma melhor compreensão da TCC, torna-se necessário o estudo mais detalhado de alguns de seus componentes básicos, em especial as noções de Conceito, Situação, Invariante Operatório, Representação Simbólica e Esquema.

Nas subseções seguintes faremos uma apresentação mais recursiva das ideias centrais da teoria. Outros pontos serão apresentados com mais detalhes quando da interpretação dos resultados, proporcionando uma melhor compreensão das ideias desenvolvidas neste trabalho.

3.4.1 Conceito

A definição de conceito não é algo simples como se costuma pensar, onde ideias explícitas e formais são apresentadas como mera explicação. Definir conceito, na visão de Vergnaud, pressupõe que a compreensão do processo de conceitualização seja essencial para o seu entendimento.

O autor considera que, do ponto de vista psicológico, um conceito é necessariamente definido por três conjuntos, representados por $C = (S, I, R)$.

Primeiro, o *conjunto das situações* (S) que dá sentido ao conceito; segundo, os *invariantes operatórios* (I) sobre os quais repousa a operacionalidade dos conceitos – os invariantes representam o significado do conceito; e terceiro, as *representações simbólicas* (R) que podem ser utilizadas para indicar e representar os invariantes. São identificadas como o significante do conceito (Vergnaud, 1993).

O autor afirma que o primeiro contato para que o estudante dê significado aos conceitos é a escolha das situações que serão utilizadas nas práticas didáticas.

Moreira (2002) salienta que, ao abordar a teoria dos campos conceituais, o estudo do desenvolvimento e uso de um conceito ao longo da aprendizagem deverá considerar os três conjuntos simultaneamente.

Assim, conceito só pode ser definido a partir de situações que estão relacionadas nas representações simbólicas através do conjunto de invariantes operatórios.

3.4.2 Situação

Na Teoria dos Campos conceituais define-se situação como uma tarefa teórica ou empírica a ser realizada pelo sujeito; é o referente do conceito. São as situações que dão sentido ao conceito e são responsáveis pelo sentido atribuído a ele. Para Vergnaud (1986), as situações devem abordar uma diversidade de classes e problemas para que sejam encontradas todas as propriedades de um conceito que uma situação requer articular. Isto faz as situações fundamentais para a significação de um conceito e para a formação do campo conceitual.

O autor propõe duas ideias principais em relação ao sentido de situação: variedade e história. Num campo conceitual existe uma certa variedade de situações e os conhecimentos dos alunos são moldados pelas situações que encontram e progressivamente dominam, particularmente pelas primeiras situações suscetíveis de dar sentido aos conceitos e procedimentos que queremos que aprendam. Quando a situação dá o sentido de história, o campo conceitual forma-se, muitas vezes, de nossas concepções oriundas das primeiras situações que fomos capazes de dominar, ou de nossa experiência tentando modificá-las (Vergnaud, 1996 apud Moreira, 2002). Para Vergnaud, o desenvolvimento cognitivo depende muito de situações e de conceitualizações específicas necessárias para lidar com elas. As situações são importantes para os sujeitos explicitarem seus conhecimentos e ajudarem na formação do campo conceitual; é através das situações que um conceito adquire sentido para o aprendiz. O autor defende que o domínio de situações prévias é importante para a compreensão

de situações novas e para entender a complexidade de diferentes conceitos, o que vem ao encontro dos conhecimentos prévios, determinantes para a teoria de Ausubel.

Nesse sentido, é fundamental que o professor, no seu planejamento didático, crie diferentes situações que possam enriquecer os esquemas dos alunos. Um conceito só é significativo quando se variam as situações, apresentando inúmeras estratégias de ensino para que o sujeito crie seus esquemas e suas próprias ações e organizações (Moreira, 2011).

3.4.3 Invariantes Operatórios

Invariante operatório, ou conhecimento em ação, é uma das noções-chave para definição de um conceito. Esses conhecimentos podem ser explícitos ou não, conscientes ou não. São os conhecimentos em ação a base conceitual que permite obter a informação pertinente para analisar uma situação. Ao avaliarmos como os sujeitos abordaram ou propuseram esquemas para resolver situações que surgem diante de si é que podemos inferir os possíveis invariantes operatórios

Com o objetivo de analisar o conhecimento, que pode ser intuitivo e amplamente implícito, foram introduzidas as ideias de teorema-em-ação e de conceitos-em-ação

Conceito-em-ação é um objeto ou uma categoria de pensamento tida como relevante; não é um verdadeiro conceito científico, mas pode vir a se tornar. O teorema-em-ação é uma proposição tida como verdadeira sobre o real; não podemos dizer que é uma teoria, a não ser que venha se tornar explícita.

Teorema-em-ação é uma proposição que pode ser verdadeira ou falsa; conceito-em-ação é uma categoria de pensamento tida como pertinente. Esse conhecimento é precisamente implícito e o aprendiz tem dificuldade em explicitá-lo porque geralmente existe uma lacuna considerável entre os invariantes que o sujeito constrói e os invariantes que constituem o conhecimento científico (Moreira, 2002).

Podemos dizer, portanto, que os invariantes são a parte do conhecimento que está implícita ou explícita e que permitem resolver as diferentes situações, ou que podem vir a se tornarem obstáculos na evolução progressiva do domínio de um campo conceitual.

3.4.4 Representações simbólicas

As representações simbólicas podem ser estudadas sob o ponto de vista da funcionalidade, cujo pensamento está em tal representação e sob o ponto de vista estrutural,

cujas operações do pensamento estão sob o uso de sistemas de significantes: gráficos, tabelas, expressões algébricas etc. (VERGNAUD, 1983).

As representações simbólicas podem ser utilizadas para indicar e refletir os invariantes e, portanto, representar as situações e procedimentos para lidar com elas. São identificadas como o significante do conceito.

Vergnaud usa o termo representação como sendo o de um sistema simbólico que significa algo para o sujeito: um sistema de signos e uma sintaxe, ou operações sobre elementos do sistema. Para ele, conceitos e símbolos são duas faces da mesma moeda e devemos sempre dar atenção ao uso que os alunos fazem dos símbolos à luz do uso que fazem dos conceitos (Moreira, 2002).

3.4.5 Esquemas

Quando determinada situação é inserida num contexto de sala de aula, ela é explorada pelos sujeitos (estudantes) através de esquemas que dão sentido à situação.

Um sujeito pode utilizar diferentes esquemas para lidar com uma determinada situação; ele age segundo as representações que faz dela, sendo o esquema o elo entre as representações e a sua conduta.

A noção de esquema é, para Vergnaud, a maior contribuição de Piaget, e é entendido como a organização invariante do comportamento para uma determinada classe de situações (MOREIRA, 2002).

Para Vergnaud (1993), esquema é o elemento central que orienta o funcionamento cognitivo e o define como a organização invariante do comportamento para uma determinada classe de situações. Ele considera que os esquemas, necessariamente, se referem às situações, de maneira que dever-se-ia falar não em interação sujeito objeto, mas sim em interação esquema-situação. Decorre daí que o incremento cognitivo consiste sobretudo e principalmente no desenvolvimento de um vasto repertório de esquemas. Trata-se de uma definição precisa, mas que certamente necessita de maiores especificações para facilitar sua compreensão.

Metas e antecipações, regras de ação do tipo “se então”, invariantes operatórios (teoremas-em-ação e conceitos-em-ação) e possibilidades de inferência são chamados por Vergnaud de ingredientes dos esquemas.

São nos esquemas evocados para resolver uma situação que devemos pesquisar os conhecimentos-em-ação dos sujeitos, isto é, os elementos cognitivos que fazem com que a ação do sujeito seja operatória.

A proposta de intervenção didática que será detalhada nos capítulos 6 e 7, leva em consideração aspectos importantes da TCC, quando da elaboração de situações e da análise dos esquemas em busca dos invariantes operatórios.

3.5 Alguns aspectos da teoria da Aprendizagem Significativa e da Aprendizagem Significativa Crítica

Nesta seção iremos nos deter em alguns aspectos teóricos da TAS e das teorias que as complementam, os quais consideramos relevantes e necessários para o desenvolvimento das UEPS e da análise das situações desenvolvidas.

A teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel é uma teoria cognitivista. Preocupa-se em estudar os mecanismos internos da mente humana, tendo como conceito chave a aprendizagem significativa e como alicerce a estrutura cognitiva do aluno. De acordo com Moreira e Masini (2011), Ausubel define a aprendizagem significativa como um processo através do qual uma nova informação se relaciona com um aspecto relevante da estrutura do conhecimento que o indivíduo já possui.

Uma aprendizagem com significados deve considerar o conhecimento que os estudantes conseguem externalizar, tanto do cotidiano, como das relações com conteúdos científicos de outras disciplinas e séries e trazê-lo para a sala de aula. Isto possibilita um compartilhamento com os demais alunos, de maneira a interagir e socializar o conteúdo a ser estudado antes da exposição do mesmo. Interagir e articular os conhecimentos presentes na estrutura cognitiva do estudante proporciona, portanto, uma aprendizagem com significados.

O conhecimento é significativo por definição. É o produto significativo de um processo psicológico cognitivo (“saber”) que envolve a interação entre ideias “logicamente” (culturalmente) significativas, ideias anteriores (“ancoradas”) relevantes da estrutura cognitiva particular do aprendiz (ou estrutura dos conhecimentos deste) e o “mecanismo” mental do mesmo para aprender de forma significativa ou para adquirir e reter conhecimentos. (AUSUBEL, 2000, p.1).

A ideia central da TAS é que seja identificado e considerado no ensino aquilo que o aprendiz já sabe (subsunçores).

“Subsunçor” é um conceito, uma ideia, uma proposição já existente na estrutura cognitiva capaz de servir de ancoradouro a uma nova informação de modo que esta adquira, assim, significado para o indivíduo (isto é, que ele tenha condições de atribuir significados a essa informação) (MOREIRA, 2006 p.15)

Portanto, para que ocorra a aprendizagem significativa o novo conhecimento deverá relacionar-se aos subsunçores já existentes da estrutura cognitiva do estudante. Desse modo, identificar os conhecimentos prévios que o estudante traz para sala de aula facilita o processo de ensino e aprendizagem.

Em contraposição à aprendizagem significativa temos a aprendizagem mecânica. Ausubel a define como sendo a aprendizagem de novas informações com pouca ou nenhuma interação com os conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva do aluno (MOREIRA & MASINI, 2011). Na aprendizagem mecânica há uma assimilação literal das informações e o conhecimento é armazenado de maneira arbitrária, o que ocorre na maioria das avaliações no ensino. Ou seja, o aluno decora conteúdos para a prova e a responde literalmente, sem que haja uma relação com outros conhecimentos presentes em sua estrutura cognitiva e que logo após são descartados. Neste tipo de aprendizagem podemos dizer que o aluno retém o conhecimento por um período temporário, utilizado apenas no momento da avaliação.

O fato de não possuir subsunçores relevantes, ou tê-los em pouco número como sugere a aprendizagem mecânica, não faz dela menos relevante. Ausubel sugere que uma aprendizagem pode complementar a outra, pois ideias iniciais podem ser inseridas por memorização. Como exemplo, podemos citar a utilização de equações matemáticas para resolver questões avaliativas, equações estas muitas vezes memorizadas, as quais podem em outras circunstâncias virem a se tornar significativas quando forem utilizadas como conhecimentos prévios.

Para Novak (apud MOREIRA, 2006), se na estrutura cognitiva do estudante não houver subsunçores necessários para que ocorra uma aprendizagem significativa, torna-se necessária a aprendizagem mecânica, de modo a possibilitar que o indivíduo (aluno) adquira as novas informações, indispensáveis à aprendizagem significativa subsequente.

De outro modo, quando o estudante não apresenta conhecimentos prévios que sirvam de base para novos, Ausubel recomenda o uso de organizadores prévios, ou seja, materiais introdutórios apresentados antes do próprio conteúdo a ser aprendido. Estes organizadores prévios não são apenas materiais introdutórios, mas materiais que devem:

1. Identificar o conteúdo relevante na estrutura cognitiva e explicar a relevância desse conteúdo para a aprendizagem do novo material;
2. Dar uma visão geral do material em um nível mais alto de abstração, salientando as relações importantes;
3. Prover elementos organizacionais inclusivos que levem em consideração mais eficientemente e ponham em melhor destaque o conteúdo específico do novo material, ou seja, prover um contexto ideacional que possa ser usado para assimilar significativamente novos conhecimentos. (MOREIRA, 2012, p.3).

Para Ausubel, a principal função dos organizadores prévios é de servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deve saber, a fim de que o material possa ser aprendido de forma significativa (MOREIRA, 2012). São estratégias utilizadas para facilitar a aprendizagem de tópicos específicos ou de ideias estreitamente relacionadas. Para tanto, pouco importa o formato do material, podendo ser questões, textos, vídeos, simulação, ou atividades experimentais, desde que sejam utilizados antes dos conteúdos a serem desenvolvidos em sala de aula.

Além da presença de subsunçores ou do uso de organizadores prévios, essenciais para facilitar a ocorrência da aprendizagem significativa, existem outros fatores, indicados por Ausubel, que devem contribuir para essa aprendizagem:

- O material deve ser potencialmente significativo para o aprendiz, de forma que possa se relacionar de maneira não-arbitrária e não-literal com sua estrutura de conhecimento.
- A manifestação, por parte do aprendiz, de disposição para relacionar de forma significativa e não-arbitrária o novo material em sua estrutura cognitiva. (MOREIRA & MASINI, 2011).

Para Moreira (1997), maneira não-arbitrária significa dizer que o material potencialmente significativo se relaciona com o conhecimento já existente na estrutura cognitiva, porém, não com qualquer aspecto da estrutura cognitiva, mas com conhecimentos relevantes, os subsunçores de Ausubel. Por sua vez, substantividade significa que o que é incorporado à estrutura cognitiva é a substância do novo conhecimento, das novas ideias e não as palavras precisas usadas para expressá-las.

Outro aspecto relevante da teoria de Ausubel é a forma como se evidencia a aprendizagem dos conceitos. Moreira relata que conforme a aprendizagem significativa ocorre, conceitos são desenvolvidos, elaborados e diferenciados em decorrência de sucessivas interações.

De acordo com Ausubel, dois processos cognitivos relacionados à aquisição de conceitos ocorrem durante a aprendizagem significativa: a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa. Moreira e Masini (2011) assim definiram ambos os processos:

Diferenciação progressiva é o princípio segundo o qual o assunto deve ser programado de forma que as ideias mais gerais e inclusivas da disciplina sejam apresentadas antes, progressivamente diferenciadas, em termos de detalhes específicos necessários.

Reconciliação integrativa é o princípio pelo qual a programação do material instrucional deve ser feita para explorar relações entre ideias, apontar similaridades e diferenças significativas, reconciliando discrepâncias similares ou aparentes (MOREIRA e MASINI, 2011, p.30).

Os tópicos aqui elencados sobre aprendizagem significativa não têm a pretensão de esgotar todos os conceitos que envolvem a TAS de Ausubel, mas dar uma visão geral dos principais fundamentos que embasaram nossa pesquisa.

Numa visão mais contemporânea encontramos a Teoria da Aprendizagem Crítica de Moreira, que propõe que a aprendizagem significativa deve ser crítica, subversiva e antropológica. Moreira entende que a sociedade deve adquirir conhecimentos significativos de maneira crítica. Baseia-se na teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel e nas ideias desenvolvidas por Postman e Weingartner nos livros *Teaching as a subversive activity* (1969), *Technopoly*, (1993) e *The End of Education*, (1996), apud MOREIRA (2010).

Para Moreira (2010), a Aprendizagem Significativa Crítica tem a possibilidade de permitir ao sujeito fazer parte de sua cultura e, ao mesmo tempo, estar fora dela, colocando o estudante não apenas como participante, mas como sujeito crítico do processo de ensino e aprendizagem, sendo capaz de modificar a realidade apresentada. Nesse sentido, o autor elenca alguns princípios facilitadores da Aprendizagem Significativa Crítica, que podem ser considerados, no todo ou em parte, quando do desenvolvimento de estratégias e atividades didáticas para o ensino, a fim de se obter uma Aprendizagem Significativa Crítica, o que implica em mudanças na didática do professor e no modelo escolar atual.

Assim, tendo como referência as propostas de Postman e Weingartner, porém de maneira bem menos radical e bem mais viável, Moreira (2010) propõe princípios que orientaram a nossa pesquisa integrando-se aos referenciais aqui abordados:

1. Princípio do conhecimento prévio - aprender que aprendemos a partir do que já sabemos;
2. Princípio da interação social e do questionamento - aprender e ensinar perguntas e não respostas;
3. Princípio da não centralidade do livro de texto - aprender a partir de diferentes materiais educativos, potencialmente significativos;
4. Princípio do aprendiz como preceptor/representador - aprender que somos perceptores e representantes do mundo;
5. Princípio do conhecimento como linguagem - aprender que a linguagem está totalmente implicada em qualquer e em todas as tentativas humanas de perceber a realidade;

6. Princípio da consciência semântica - aprender que o significado está nas pessoas não nas palavras;
7. Princípio da aprendizagem pelo erro - aprender que o ser humano aprende corrigindo os seus erros;
8. Princípio da Desaprendizagem - aprender a desaprender, a não usar conceitos e estratégias irrelevantes para a sobrevivência;
9. Princípio da incerteza do conhecimento - aprender que as perguntas são instrumentos de percepção e que definições e metáforas são instrumentos para pensar;
10. Princípio da não utilização do quadro-de-giz - aprender a partir de distintas estratégias de ensino;
11. Princípio do abandono da narrativa - aprender que simplesmente repetir a narrativa de outra pessoa não estimula a compreensão.

No planejamento e na implementação das UEPS nos valemos destes princípios para estabelecer relações entre as estratégias de ensino e a sua execução. Como um dos objetivos das UEPS é desenvolver atividades facilitadoras de aprendizagem, o **princípio do conhecimento prévio**, por exemplo, serviu como importante referência ao nosso trabalho. Segundo ele, o estudante aprende a partir do que já sabe, ancorando estes saberes a novos conhecimentos, modificando-os ou aprofundando-os. Estes conhecimentos estão presentes nas representações sociais e no conhecimento em ação que são explorados nesta pesquisa. As representações sociais, um dos pilares desta pesquisa vêm ao encontro do **princípio da interação social e do questionamento**, que parte do pressuposto que a aprendizagem é um processo social que envolve a partilha entre os sujeitos e destes com o ambiente social em que estão inseridos. Desta forma devemos estimular o questionamento ao invés de darmos respostas prontas. É essencial que professores e alunos compartilhem significados em relação aos materiais propostos. Por sua vez, o princípio da **não centralidade do livro de texto** pressupõe que se pode aprender a partir de diferentes materiais educativos potencialmente significativos e não exclusivamente com base no livro texto. Não significa abandoná-lo, mas utilizá-lo como um dos materiais didáticos a serem explorados e não apenas como única fonte didática. Moreira (2005) afirma que a utilização de um único tipo de material é uma prática deformadora, enquanto que para ser crítica deve ser formadora. Estes e outros princípios foram amplamente explorados no contexto deste trabalho.

Como já dito, estes princípios podem ser considerados no todo ou em parte, quando do desenvolvimento de estratégias e atividades didáticas para o ensino, a fim de se obter uma Aprendizagem Significativa Crítica, o que implica em mudanças na didática do professor e no

modelo escolar atual. Como exemplo pode-se citar o uso de atividades diferenciadas, como seminários, atividades experimentais e projetos de pesquisas com o objetivo de diversificar a utilização do quadro de giz.

3.6 Um olhar sobre a construção das UEPS

A elaboração do material didático para alcançar um dos objetivos específicos deste trabalho, qual seja a inserção de diferentes radiações integradas aos conceitos clássicos no ensino médio a partir das representações emergidas do Estudo 1, se deu através da elaboração e implementação de UEPS, que são sequências didáticas fundamentadas em teorias de aprendizagem, particularmente a da aprendizagem significativa. Elas têm como objetivo desenvolver atividades facilitadoras da aprendizagem, proporcionando uma participação mais ativa por parte dos alunos envolvidos no processo e por consequência um ensino e uma aprendizagem com significados, ancoradas nos conhecimentos prévios destes.

Moreira (2011) sugere, para elaboração das UEPS, alguns princípios que julga fundamentais para construção e que perpassam por outras teorias relacionadas à aprendizagem cognitiva, como as propostas por Novak, Vergnaud, Vygotsky, Gowin, Johnson-Laird e Moreira. Estes princípios estão sintetizados abaixo:

- ***Ideias prévias*** - São as variáveis que mais influenciam a aprendizagem significativa de conhecimentos;
- ***Pensar, sentir e agir*** - Estão integrados positivamente no aprendiz que deve construir significativamente seus conhecimentos;
- ***Interesse*** - A pré-disposição em aprender parte do aluno;
- ***Organizadores Prévios*** - Usados para relacionar os conhecimentos novos e prévios;
- ***Situações-problema*** - Usadas para despertar intenções nos alunos em aprender significativamente, sendo propostos em níveis crescentes de complexidade;
- ***Modelos Mentais*** - Os alunos, frente a novas situações, primeiramente constroem uma memória de trabalho (modelos mentais funcionais), que são analogias das situações reais;
- ***Consolidação do conhecimento*** - Devem ser consideradas na organização do ensino a diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e a consolidação dos conhecimentos;

- **Avaliação Progressiva** – Através da busca de indícios/evidências; o professor deve promover situações-problema, mediando as novas informações com os conhecimentos prévios;
- **Interação Social**- Para captar significados é fundamental que o sujeito da aprendizagem interaja socialmente e use uma linguagem adequada;
- **Relação triádica de Gowin** - O ensino envolve, segundo Gowin, uma relação triádica entre alunos, docentes e materiais educativos. A meta é a promoção da captação e compartilhamento de significados contextualizados da matéria de ensino. Muitas vezes a relação pode ser quadrática, quando se insere o computador;
- **Aluno como sujeito ativo** - Nas UEPS, a aprendizagem deve ser significativa e crítica, sendo estimulada pelo questionamento ao invés da memorização, característica da aprendizagem mecânica. Devem ser usadas diversas estratégias, abandonando a narrativa em favor da participação ativa do aluno na construção dos seus conhecimentos.

Na elaboração das UEPS, Moreira (2011) propõe que a unidade de ensino seja estruturada em oito aspectos sequenciais (passos) para o seu planejamento e que estes sejam compostos por materiais e estratégias didáticas diversificadas, cabendo ao professor buscar a melhor forma de implementá-las. Estes passos foram elaborados com base em diferentes situações que buscaram dar sentido aos conceitos, integrando-os ao cotidiano dos alunos. Na elaboração das situações, utilizamos diferentes estratégias didáticas com materiais diversos e atividades individuais e/ou colaborativas, capazes de facilitar a aprendizagem.

Na elaboração das UEPS abordamos os aspectos sequenciais com diferentes atividades didáticas e procuramos incluir, entre as situações propostas, conteúdos que promovessem uma integração entre os conceitos da Física Clássica e da FMC.

Apresentamos, abaixo, uma síntese das principais ideias desenvolvidas em cada “passo” com base na ideia central de Moreira (2011). No capítulo da metodologia detalhamos a forma como esses aspectos sequenciais foram desenvolvidos entre as situações propostas.

- 1. Definição de Conceitos:** os tópicos a serem abordados devem explicar como as informações serão declaradas para posteriormente servirem de base para a construção dos conhecimentos;
- 2. Investigação do Conhecimento Prévio:** elaborar situações que visem a explicitação da estrutura cognitiva relevante dos sujeitos;
- 3. Situações-problema Introdutória:** elaboradas a partir de estratégias diversificadas (simulações computacionais, vídeos, exemplos do cotidiano, experimentos, entre outros) para dar sentido aos novos conhecimentos;

4. **Diferenciação Progressiva:** apresentar o conhecimento ensinado/aprendido começando pelos aspectos mais gerais para os mais inclusivos;
5. **Complexidade:** estruturar os conhecimentos através da apresentação de novas situações-problema em nível mais alto de complexidade, diferenciação e abstração;
6. **Reconciliação Integrativa:** retomar as características essenciais dos conteúdos através da apresentação de novos significados;
7. **Avaliação:** registrar, ao longo da intervenção, todos os possíveis indícios de evoluções conceituais denotando aprendizagens significativas;
8. **Efetividade:** verificação de êxito na implementação da UEPS, através da avaliação de desempenho dos alunos evidenciada através da análise da progressiva evolução de um campo conceitual, enfatizando evidências contínuas e não comportamentos finais, fornecendo evidências de aprendizagem significativa.

Por fim, buscamos, com os referenciais adotados nesta pesquisa e na construção das UEPS, a complementação e a interação entre o professor, o aprendiz e o material potencialmente significativo utilizado, com vistas a uma aprendizagem com significados.

No capítulo seguinte serão detalhados os aspectos metodológicos da pesquisa à luz dos referenciais teóricos aqui descritos.

4. SISTEMATIZAÇÃO METODOLÓGICA DA PESQUISA

Neste capítulo iremos apresentar os procedimentos metodológicos da pesquisa e algumas características gerais que pautaram as duas etapas que compõem esta investigação, quais sejam o **Estudo de Caso 1 – Representações Sociais da Radiação**, e o **Estudo de Caso 2 – Abordagem dos diferentes tipos de radiações através de UEPS**, relatados respectivamente nos capítulos 5 e 6 onde serão retomados e discutidos com um maior detalhamento.

Esta pesquisa teve como ponto de partida um instrumento investigativo que objetivou promover a identificação das possíveis representações sociais do tema Radiação em alunos da disciplina de Física no ensino médio de uma escola estadual. Para esta primeira etapa, adotamos a Teoria das Representações Sociais como referencial de estudo e a Teoria do Núcleo Central como proposta complementar.

Para a segunda etapa, desenvolvida em sala de aula, foram realizadas intervenções do tema Radiação através de três UEPS, alicerçadas na Teoria dos Campos Conceituais e na Teoria da Aprendizagem Significativa. Buscamos compreender como os estudantes utilizam as representações sociais em diferentes situações, quais invariantes operatórios podemos inferir dos esquemas utilizados pelos alunos para responder as situações, bem como, investigar evidências de aprendizagem significativa.

4.1 Metodologia de Pesquisa

A pesquisa, como já citado, foi sistematizada em dois estudos de caso. Entendemos que a metodologia de estudos de caso é a que apresenta maiores possibilidades para a condução de pesquisas com enfoque em investigações contemporâneas que perpassem por situações reais e com procedimentos empíricos distintos.

Para Yin (2015) “o estudo de caso é uma investigação empírica de um fenômeno contemporâneo dentro de um contexto da vida real, sendo que os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos”. No Estudo de Caso 1 a pesquisa teve uma perspectiva investigativa exploratória para identificar as possíveis representações da Radiação; no Estudo de Caso 2 conduzimos uma perspectiva investigativa explicativa, mais prática, com objetivo de visualizar e interpretar as representações emergidas no primeiro estudo.

Quanto à natureza, a presente pesquisa é predominantemente qualitativa, pois entendemos ser esta uma maneira produtiva de agregar resultados.

A pesquisa qualitativa preocupa-se com aspectos da realidade que não podem ser quantificados, centrando-se na compreensão e explicação da dinâmica das relações sociais. É uma pesquisa interpretativa, onde o investigador geralmente está envolvido em uma experiência sustentada e intensiva com os participantes (Creswell, 2007).

Em síntese, o estudo de caso na visão de Yin permite uma melhor articulação de investigação qualitativa, bem como nos fornece uma estrutura metódica de validação e análise dos dados, o que será mais bem discutido nas próximas seções.

Em relação aos objetivos, podemos dizer que a pesquisa se enquadra como exploratória e explicativa. Exploratória porque proporciona maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses. O que vem ao encontro do Estudo 1, pois investigamos as representações sociais, tema pouco explorado no ensino de Física. Também buscamos, neste primeiro estudo, explorar informações para um posterior aprofundamento. É explicativa porque preocupa-se em identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenômenos (Gil, 2007), o que, por sua vez, auxilia sobremaneira o Estudo 2, visto que os resultados obtidos no Estudo 1 possibilitaram orientar as ações propostas durante a sequência da pesquisa.

Para o desenvolvimento dos objetivos deste trabalho utilizamos os seguintes instrumentos: questionário social, teste livre de evocação, mapas mentais e conceituais, avaliações, diário do professor e diversas situações-problemas inseridas a partir das UEPS, as quais serão especificadas adiante.

O objetivo da primeira etapa desta pesquisa, como salientado acima, foi conhecer as possíveis representações sociais dos estudantes do ensino médio sobre o tema Radiação. Na segunda etapa, o propósito foi investigar a possível evolução do domínio do campo conceitual da Radiação pelos estudantes a partir da utilização das representações emergidas e que foram exploradas nas UEPS, em diferentes situações-problemas.

Na figura 1 apresentamos, resumidamente, o esquema das etapas da pesquisa, bem como as fontes, os instrumentos de coleta e o método de análise dos dados.

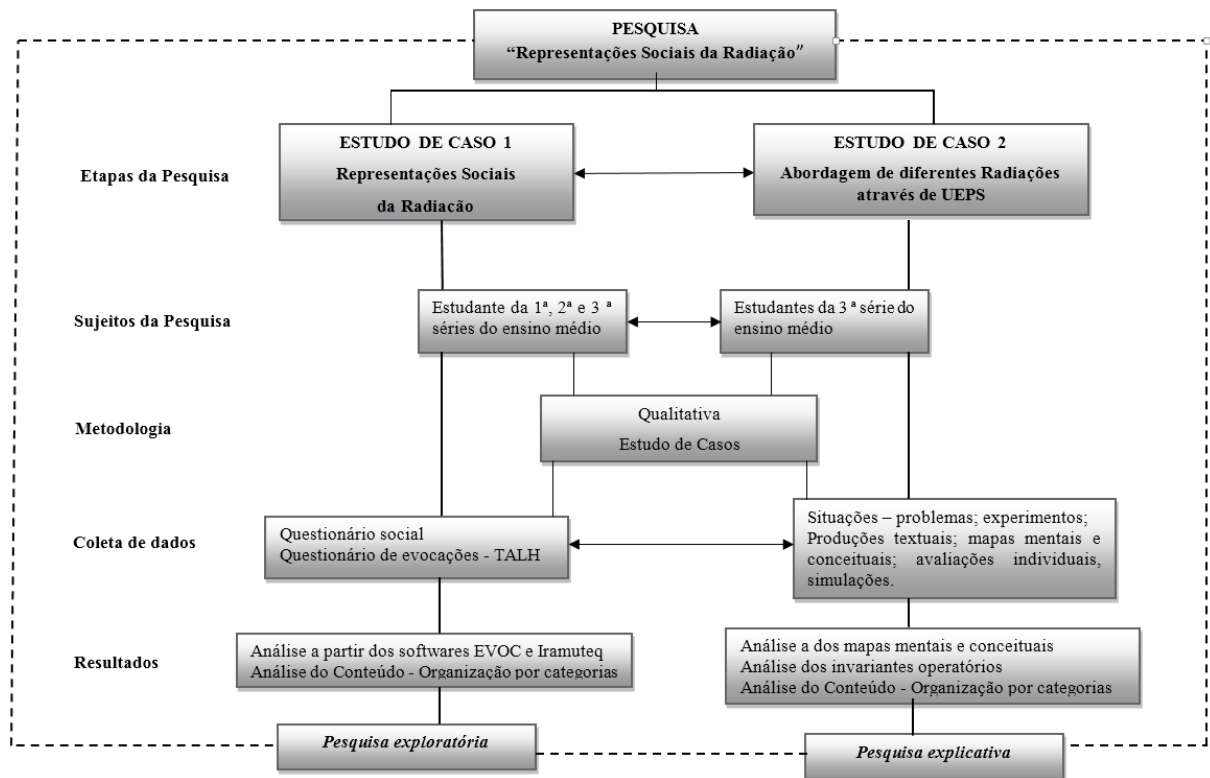


Figura 1 - Desenho da pesquisa elaborado pela autora

4.2 Construção do Objeto de Pesquisa

Quando desejamos pesquisar algum fenômeno de representação social, em primeiro lugar devemos verificar se realmente este fenômeno se estabelece como um objeto de pesquisa, pois ele deve despertar a nossa atenção tanto em função do seu interesse específico quanto por sua relevância social ou acadêmica.

Os fenômenos de representação social são caracteristicamente construídos no que Moscovici chamou de universos consensuais de pensamentos (SÁ, 1998), e os objetos de pesquisa que deles se originam são uma composição do universo reificado da Ciência.

Sá (1998) diz que a construção do objeto de pesquisa é um processo pelo qual o fenômeno de representação social é simplificado e tornado compreensível pela teoria para a finalidade da pesquisa. Porém, essa simplificação pode criar dificuldades na construção do objeto de pesquisa. Também afirma que a construção do objeto de pesquisa pode ser vista como processo determinante, pelo qual transformamos conceitualmente um fenômeno do universo consensual em um problema do universo reificado (Sá, 1998).

Cabe ressaltar que não podemos falar em representação de alguma coisa sem especificar o sujeito ou população, ou falar das representações de um sujeito sem especificar os objetos representados. Ou seja, não tem sentido estudar a representação social de um dado objeto se os sujeitos da pesquisa não têm representação acerca do objeto que se deseja estudar.

Nesta pesquisa consideramos o contexto escolar como um ambiente social e a Radiação como um objeto de representação. Seus diferentes tipos, presentes no cotidiano dos sujeitos, são um fenômeno do universo consensual a ser estudado e transposto, conceitualmente, para o universo científico.

4.3 O Universo Histórico-Social da Pesquisa e a Caracterização do Perfil dos Sujeitos

O universo em que foi desenvolvida esta pesquisa corresponde a uma escola pública estadual localizada em uma comunidade na zona oeste da cidade de Santa Maria, no centro do Rio Grande do Sul, onde a pesquisadora é professora regente. A escola atende aproximadamente 1280 alunos. Oferece diferentes modalidades de ensino, como o ensino fundamental anos iniciais e finais, o ensino médio e a Educação de Jovens e Adultos-EJA, com aulas nos três turnos.

4.3.1 Um olhar sobre a escola

A comunidade escolar em que foi desenvolvida esta pesquisa é composta por estudantes dos bairros Juscelino Kubitschek e Nova Santa Marta, além de vários outros estudantes de toda a região oeste da cidade de Santa Maria. É a segunda maior escola em número de estudantes do município e existe como instituição de ensino desde 1980, quando funcionava como anexo da Escola Estadual Padre Caetano.

A escola nasceu na esteira da criação do Núcleo Habitacional Cohab Santa Marta, para cumprir à exigência legal de que nenhum núcleo habitacional poderia surgir sem a existência de uma escola para atender a nova comunidade.

A partir do ano de 1982 as aulas deixaram de ser realizadas nas instalações da Escola Estadual Padre Caetano, tendo sido transferidas para um salão comunitário construído na região, onde atualmente funciona o Posto de Saúde Santa Marta. Entretanto, a administração continuava a cargo da Escola Estadual Padre Caetano.

O ano de 1983 foi marcado pelo funcionamento da Escola em dois pavilhões pequenos. Um pavilhão onde estavam as salas de aula e um pavilhão onde se situava a secretaria, direção, supervisão e cozinha. Atendia da Pré-escola até à 8ª série.

Foi no ano de 1986 que a atual estrutura logística foi construída. Os prédios onde até hoje se desenvolvem os trabalhos pedagógicos da escola foram entregues no dia 05 de maio daquele ano.

Passou a se chamar Escola Estadual de 1º e 2º graus Augusto Ruschi em 1990, quando obteve a autorização para a implementação do Ensino Médio. Foi a primeira escola a oferecer este nível de ensino na zona oeste da cidade.

Atualmente a escola ocupa uma área de aproximadamente 8.500 m², por onde estão distribuídos dez conjuntos de salas de aulas e administração. Possui uma ótima estrutura física com prédios para sala de aulas, laboratório de informática, de ciências, sala de leitura, biblioteca, sala de vídeo, salão de eventos, além de área para a prática de educação física, ajardinamento, horta, recreação e estacionamento.

Foi neste contexto que esta pesquisa foi realizada, ou seja, em uma comunidade como diversas outras, que tem a esperança de que as melhorias estruturais, sociais e educacionais a alcance e a auxilie a superar as inúmeras dificuldades que sempre enfrentou, acreditando que uma educação pública de qualidade poderá minimizar as diferenças sociais cada vez mais acentuadas.

4.3.2 Os sujeitos da pesquisa

O primeiro instrumento utilizado para investigação do grupo social foi um questionário denominado perfil socioeducacional (apêndice C), com questões abertas e fechadas, cujo objetivo foi verificar a realidade dos sujeitos da pesquisa. As questões se referiam à caracterização dos estudantes e seus familiares tais como: idade, sexo, profissão e escolaridade dos responsáveis, acesso à internet, hábitos de leitura, programas de televisão e tipos de metodologias em sala de aula de interesse do estudante, entre outros aspectos pesquisados.

Os sujeitos da pesquisa são alunos do ensino médio das três séries, todos alunos da pesquisadora. O total de estudantes que responderam ao questionário foi de 201 alunos. Destes, 108 alunos responderam no final do ano de 2014, e 39 participaram apenas da primeira etapa da pesquisa, pois estavam no terceiro ano. Nos anos de 2015 e 2016 o questionário e demais instrumentos foram aplicados para os demais estudantes, completando a totalidade dos sujeitos

pesquisados. No quadro 3 temos a amostra distribuída por séries e por período de aplicação dos instrumentos.

Séries	Semestre/Ano Implementado	Instrumentos respondidos	Etapas da pesquisa realizadas	Sujeitos participantes
Todas	2º/2014	- Questionário Perfil Social - TALP - Teste de Hierarquização	Estudo de Caso 1	108
	1º/2015	- Questionário Perfil Social - TALP - Teste de Hierarquização	Estudo de Caso 1	93
Total de sujeitos				201
2ª série	2016	- Questionário Perfil Social - TALP - Teste de Hierarquização	Estudo de Caso 1	35
3ª série	2016	- Situações - UEPS	Estudo de Caso 1 Estudo de Caso 2	43
Total de sujeitos				78

Quadro 3: Identificação do número de sujeitos por etapas e instrumentos da pesquisa

Previamente à aplicação do instrumento 1 foi explicada para cada turma a pesquisa que seria realizada, seus objetivos e a forma como seria implementada. Após, foi entregue aos alunos o termo de consentimento livre e esclarecido (apêndice B). Cabe ressaltar que, antes de iniciarmos este trabalho, foi encaminhada ao diretor da escola a carta de apresentação para concessão da pesquisa (apêndice A).

Como já dito, a primeira parte do questionário socioeducacional (apêndice C) continha questões com o objetivo de verificar a realidade dos alunos sujeitos da pesquisa. Analisamos algumas das questões referente ao perfil dos estudantes; outras questões foram utilizadas para algumas informações a respeito do tema da pesquisa.

Da amostra dos 201 sujeitos da pesquisa que responderam ao questionário, a divisão por série ficou representada conforme gráfico 1. Pode-se observar que os sujeitos estão distribuídos em 82 alunos da terceira série, o que corresponde a 41% do total – destes, 39 alunos participaram apenas da primeira etapa da pesquisa no final do segundo semestre de 2014 –, 41 alunos (20%) da segunda série, e 78 alunos (39%) na primeira série do ensino médio.

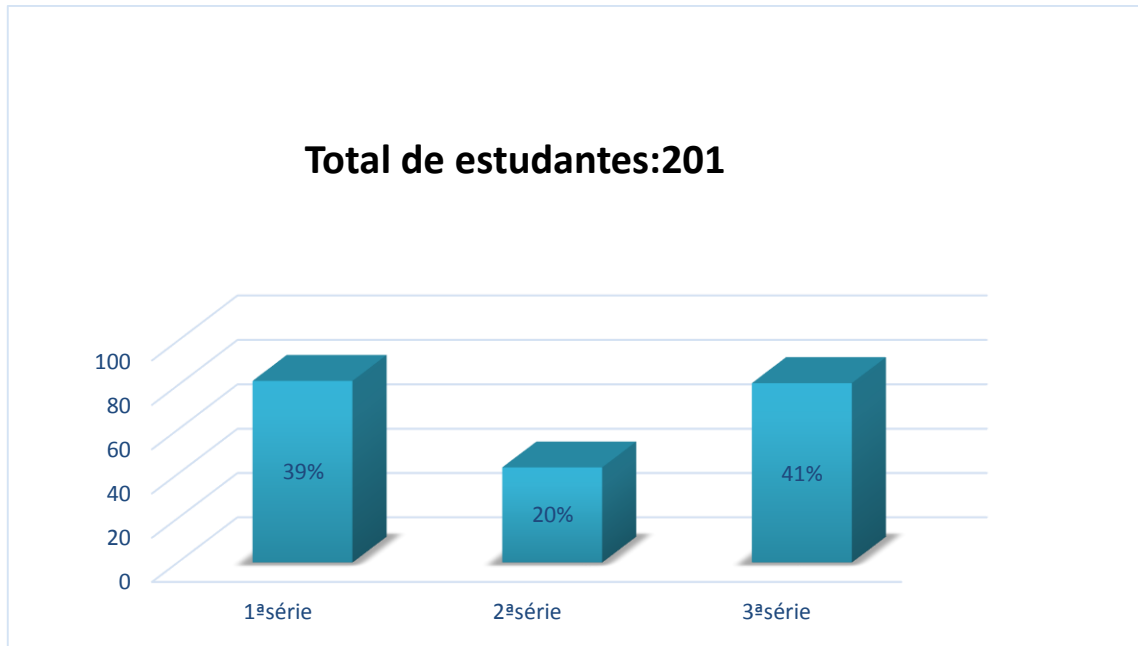


Gráfico 1: Distribuição de estudantes por série.

Em relação ao gênero dos estudantes (Gráfico 2) que responderam ao questionário 45% do sexo masculino e 55% do sexo feminino, o que demonstrou uma divisão praticamente igualitária.

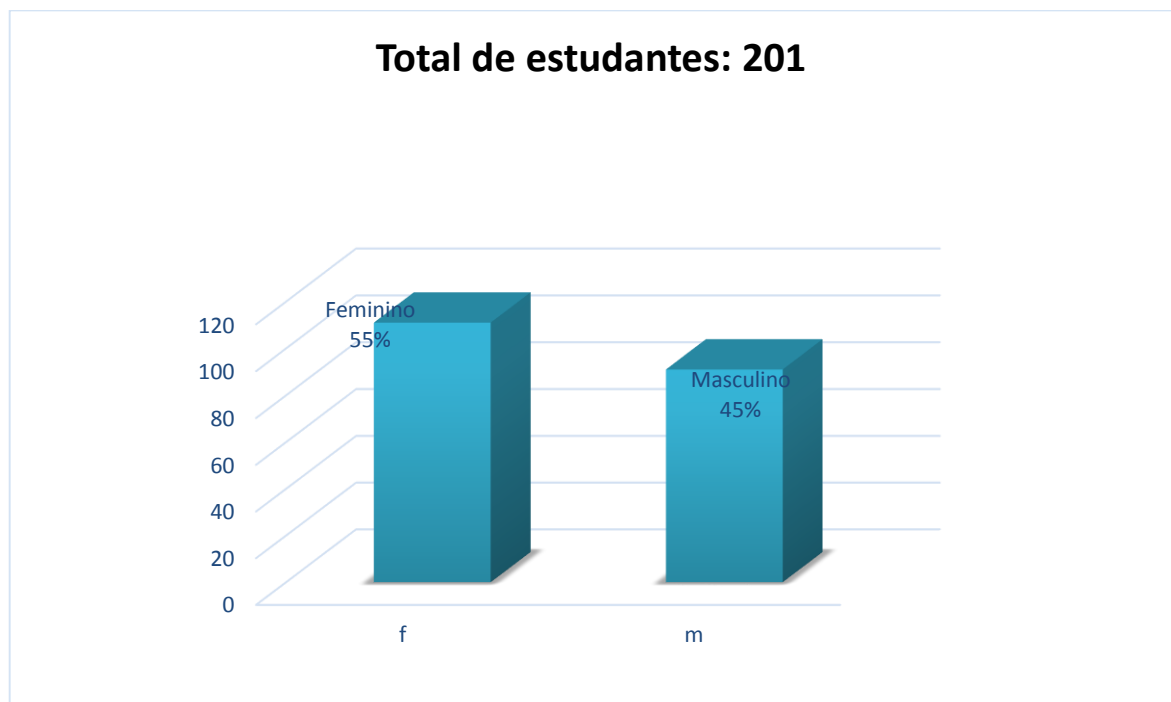


Gráfico 2: Percentual dos estudantes por gênero

Já o gráfico 3, abaixo, apresenta a faixa etária dos estudantes pesquisados. Podemos observar que a maioria dos alunos está na faixa etária esperada para as respectivas séries, sendo apenas 8% dos alunos maiores de idade – 16 alunos – distribuídos nas diferentes séries. São alunos que reprovaram na educação básica conforme verificamos nas respostas dadas ao questionário socioeducacional.

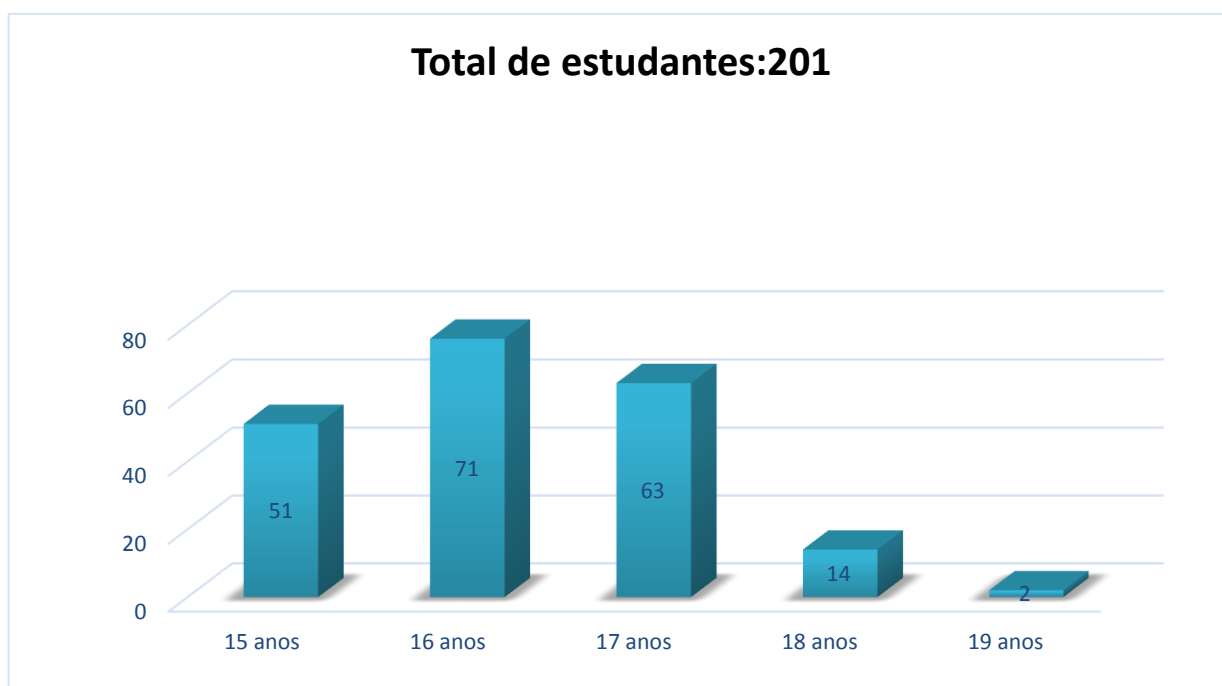


Gráfico 3: Faixa etária dos estudantes.

Outras questões foram levantadas e analisadas para fins didáticos, como as questões referentes ao tipo e hábitos de leitura, acesso à internet, tempo dedicado aos estudos, escolaridade dos seus responsáveis, quais disciplinas apresentam maior dificuldade de aprendizagem, quais estratégias didáticas facilitam sua aprendizagem e mais lhe interessam. As respostas a estas questões serviram de base para determinar o perfil dos sujeitos da pesquisa e também para elaboração de algumas situações no transcorrer dos trabalhos.

A seguir, nos capítulos 5 e 6, descreveremos a metodologia e análise dos resultados dos dois estudos de caso.

5. ESTUDO DE CASO 1

5.1 Representações Sociais da Radiação

Este primeiro estudo de caso buscou verificar as possíveis representações sociais dos estudantes do Ensino Médios sobre o tema Radiação. Para isso, utilizamos diversas formas de coleta de dados, conforme será explicitado no decorrer deste capítulo. Importante lembrar que a análise dos dados e resultados das Representações Sociais da Radiação foi realizada sob o prisma da Teoria das Representações Sociais e seus colaboradores.

Para a primeira etapa da pesquisa os instrumentos e técnicas utilizadas para coleta e análise dos dados foram fundamentadas a partir de autores da Teoria das Representações Sociais e seus estudiosos. Para a coleta dos dados foi utilizada a técnica de associação ou evocação livre. Para o tratamento dos dados utilizamos o software EVOC (*Ensemble de programmes permettant l'analyse des evocations*) versão 2005, que possibilita efetuar a organização dos termos produzidos em função da hierarquia subjacente à frequência e à ordem de evocação e favorece a construção do quadro de quatro casas – técnica elaborada por Vergés (1999). Para complementar a análise dos dados coletados utilizamos o programa IRAMUTEQ (*Interface de R pour les Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires*), que permite a análise da similitude dos elementos representativos e das justificativas dos sujeitos para as suas respostas.

5.2 Contexto e técnicas de análise da coleta

Muitos são os instrumentos utilizados para coletar informações nas investigações das representações sociais. Entre eles, as técnicas verbais são os mais comuns para o estudo das representações sociais, como também o uso de entrevistas, questionários, associação livre e pesquisa documental, entre outros.

Arruda (2002) afirma que podem ser utilizados diversos instrumentos para pesquisa em representações sociais. A coleta de material para este tipo de enfoque geralmente é feita com metodologias múltiplas, que podem ser entrevistas, questionários, observações, pesquisa documental e tratamento de textos escritos ou imagéticos. Sua abrangência tenta capturar os diversos momentos e movimentos da elaboração da representação, embora dificilmente se possa abarcar todos eles em uma única pesquisa.

Para o estudo das representações dos sujeitos desta pesquisa utilizamos como instrumento de coleta de dados um questionário subdividido em dois momentos. O primeiro, constituído de uma questão aberta, buscou, a partir do tema indutor Radiação, identificar as ideias mais expressivas dos estudantes sobre o tema. No segundo, aplicamos a técnica de associação livre de palavras – TALP e a técnica de hierarquização das palavras, proposta por Abric. Abric (1994) considera a TALP uma técnica maior para coletar os elementos constitutivos do conteúdo de uma representação. Consiste em se pedir aos sujeitos que, a partir de um termo indutor apresentado pelo pesquisador (no caso Radiação), digam as palavras ou expressões que lhes vêm à lembrança. Já a técnica de hierarquização das palavras consiste em pedir aos sujeitos para escolher, em uma lista preestabelecida (no caso as evocações emergidas da TALP), os itens mais importantes ou mais característicos, a seu ver, do objeto de representação.

A questão aberta utilizada no primeiro momento da coleta de dados foi “O que você entende por Radiação?”. Ela foi entregue aos alunos para que a respondessem. Esta atividade durou, aproximadamente, 20 minutos. Após todos os alunos responderem, passamos para o segundo momento da coleta, ou seja, a aplicação da TALP. Explicamos como ela seria feita, exemplificando e orientando os alunos. Eles, então, escreveram todas as palavras ou expressões que surgiam em suas mentes a partir do termo indutor Radiação (apêndice D).

Na sequência passamos para a técnica de hierarquização das palavras, quando solicitamos aos alunos que classificassem as palavras ou expressões anteriormente escritas de acordo com a importância que, segundo os alunos, elas teriam, acompanhadas de uma explicação para cada termo, de forma a definir e relacionar a palavra evocada com Radiação (apêndice E).

Esta parte da coleta foi realizada em dois períodos distintos, no segundo semestre de 2014 e no primeiro trimestre de 2015, com 201 estudantes, distribuídos nas três séries do ensino médio, conforme quadro 6. Importante ressaltar que todas as atividades da pesquisa foram feitas em condições normais de sala de aula, onde a pesquisadora é a professora regente das turmas.

Como já referido na seção 3.2, o estudo de caso 1 ancorou-se na Teoria das Representações Sociais e na Teoria do Núcleo Central. Para a análise dos dados coletados utilizamos a abordagem estrutural, a partir da análise prototípica desenvolvida por Vergès (1999), que tem por objetivo caracterizar a estrutura de uma representação social a partir de evocações de palavras. Esta técnica é dividida em duas etapas; a primeira é denominada análise prototípica (também chamada de análise das evocações ou das quatro casas), e baseia-se no cálculo da frequência e da ordem de evocações das palavras; a segunda etapa centra-se na

elaboração de categorias. É uma técnica para estudos com finalidades exploratórias e proporciona prováveis indicadores de elementos de centralidade.

Este tipo de técnica tornou-se uma das estratégias mais utilizadas para estudar representações sociais em pesquisas (MORIN & VERGÈS, 1992; WACHELKE, 2009; WOLTER, GURRIERI & SORRIBAS, 2009; WACHELKE & WOLTER, 2011; HILGER, BONA, 2014), pois permite um amplo leque de evocações a serem observadas, além de possuir uma simplicidade que facilita as respostas dos sujeitos.

Contudo, esse instrumento apresenta algumas desvantagens, como por exemplo, não permite uma varredura completa do campo representacional, pois sua análise é feita a partir de representações linguísticas que não exploram o conhecimento mais detalhado dos sujeitos. Dessa forma, foi ampliado o instrumento com as justificativas das palavras evocadas e por que elas representam o termo Radiação, aplicada simultaneamente com a técnica do núcleo central que permitem conhecer a organização de suas evocações.

Esta análise permitiu um primeiro levantamento da estrutura representacional dos sujeitos da pesquisa, visto que para o estudo das representações sociais há necessidade da utilização de diferentes métodos de exploração. Uma vez finalizada a coleta dos dados através da TALP e da técnica de hierarquização, passamos a utilizar dois programas para explorar o quadro de quatro casas e os possíveis elementos de centralidade das representações e finalizamos com a análise do conteúdo das categorias ancoradas nos referenciais explorados.

5.3 Procedimentos de análise dos dados

Para tratamento dos dados coletados foram utilizados dois programas estatísticos como já mencionados: o EVOC, versão 2005, e o IRAMUTEQ.

Os dados do perfil dos participantes e os termos evocados foram transcritos para o programa *Microsoft Office Excel 2007*, o que permitiu a confecção de uma planilha para a adequação do banco de dados necessária para o processamento e análise pelos programas.

O primeiro programa utilizado para o processamento das evocações coletadas foi o software EVOC, que é um conjunto de programas ordenados para o processamento e análise matemática de evocações. Estes programas fazem parte da primeira parte de análise do método proposto por Vergès, o qual utilizamos no nosso trabalho. No quadro 4 apresentamos, resumidamente, as funções de cada um dos programas.

Conjunto de programas para processamento dos dados no EVOC para construção do quadro de quatro casas	
<i>Lexique</i>	Início do tratamento dos dados; reconhece o vocabulário. Mostra o número total de linhas (sujeitos) e de colunas (evocações).
<i>Trievoc</i>	Triagem do banco de dados. Apresenta os dados da verificação de entrada e de saída do total de evocações.
<i>Nettoie</i>	Executa a padronização da escrita das palavras evocadas, considerando a contextualização em que elas aparecem.
<i>Rangmot</i>	Frequência e distribuição de níveis de cada palavra
<i>Rangfrq</i>	Executa a construção do quadro de quatro casas

Quadro 4: Funções dos programas processados pelo EVOC - 2005

O software ainda possui outros programas que permitem vários tipos de cruzamento dos dados fornecendo diferentes resultados, conforme demonstrado no fluxograma da figura 2.

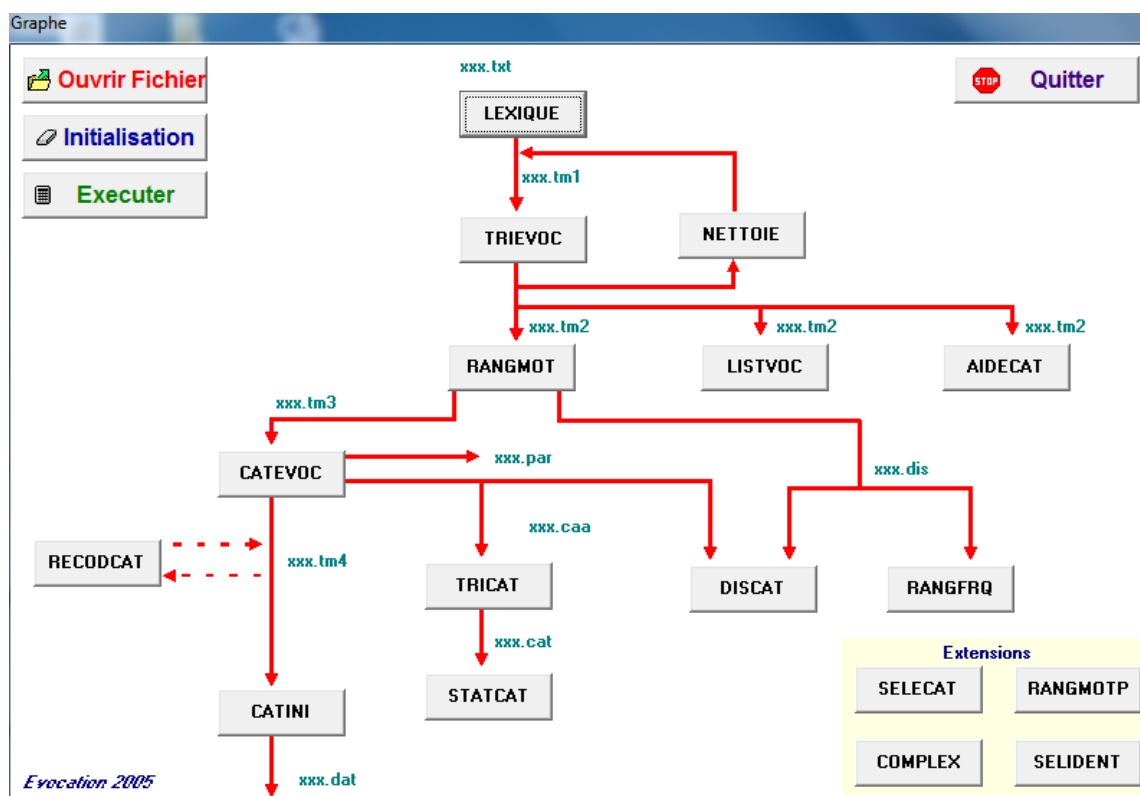


Figura 2 - Fluxograma do processamento dos dados através do EVOC -2005

Na sequência, o conteúdo textual das explicações formuladas pelos sujeitos para os elementos evocados foi submetido a um segundo programa computacional, o IRAMUTEQ. Este realiza análises quantitativas de dados textuais, fornecendo contextos e classes com conteúdos a partir da semelhança dos seus vocabulários com diferentes tipos de análise.

O IRAMUTEQ foi desenvolvido por Pierre Ratinaud e é um programa que permite diferentes formas de análise estatística sobre corpus textuais e sobre tabelas de indivíduos por palavras. Abrange diferentes tipos de análises, tais como estatísticas textuais clássicas, pesquisas de especificidades de grupos, classificação hierárquica descendente, análises de similitude e nuvem de palavras.

No nosso estudo utilizamos, também, a análise de similitude para as justificativas dos possíveis elementos de centralidade presentes no quadro de quatro casas. Esta análise se baseia na teoria dos grafos, que possibilita identificar as coocorrências entre as palavras e seu resultado traz indicações da conexidade entre as palavras, auxiliando na identificação da estrutura de um *corpus* textual, distinguindo também as partes comuns e as especificidades em função das variáveis ilustrativas (descritivas) identificadas na análise (Marchand & Ratinaud, 2012).

Inicialmente foi necessário organizar um único texto (*corpus*), composto pelas justificativas que os estudantes deram aos possíveis elementos de centralidade (representações presentes no núcleo central), os quais são denominados pelo programa IRAMUTEQ de segmentos de texto. O *corpus* é organizado por linhas de comando chamadas de "linhas de asteriscos", onde é informado o número de identificação do texto, seguido de algumas variáveis indispensáveis para a análise.

Após a preparação do *corpus* textual, conforme definido pelo programa, os resumos foram processados pelo IRAMUTEQ gerando vários tipos de relatórios. Somente um tipo de análise integra este trabalho: a análise de similitude, que se baseia na teoria dos grafos e possibilita identificar as coocorrências entre as palavras, apresentando, também, as indicações da conexidade entre elas.

Como já dito, trabalhamos os resultados na perspectiva da abordagem estrutural das representações, proposta por Abric quando da elaboração da Teoria do Núcleo Central. Para o autor, a ideia de núcleo central da representação social consiste no fato de que é ele que estrutura e organiza a imagem do objeto de uma representação num determinado grupo social.

O método utilizado para a análise dos dados transcritos da questão aberta e para análise qualitativa dos resultados emergidos dos programas foi à análise de conteúdo, proposta por Bardin (2011). Para o autor, análise de conteúdo designa

um conjunto de técnicas de análises das comunicações visando obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens (BARDIN, 2011, p. 47).

Bardin (2011) indica que a utilização da análise de conteúdo prevê três fases fundamentais, conforme o esquema apresentado na figura 3.

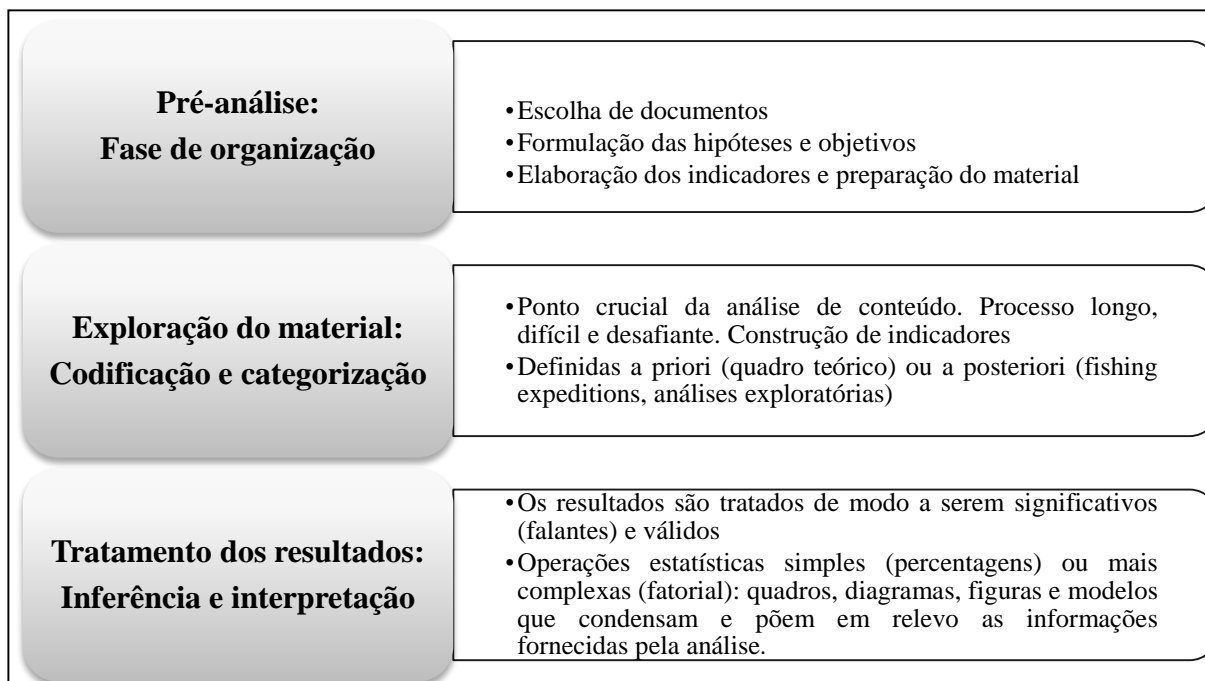


Figura 3 - Etapas da análise do conteúdo segundo Bardin (2011)

Esta técnica permitiu visualizar os elementos de representação a partir de categorias emergidas do quadro de quatro casas e dos grafos ancorados nos referenciais das representações sociais, possibilitando um olhar para os conteúdos explícitos ou não presentes nas respostas dos sujeitos da pesquisa.

Para o estudo de caso 2, utilizamos a análise do conteúdo em conjunto com os referenciais da aprendizagem significativa e dos campos conceituais, detalhados no capítulo 6.

5.4 Análise e discussão dos resultados

Passamos, agora, a apresentar os resultados obtidos durante a primeira etapa da pesquisa. Os primeiros resultados analisados se referem ao Estudo de Caso 1 - Representações Sociais da Radiação.

Para esta análise utilizamos o método misto. Para Creswell (2010), o método misto é definido como um procedimento de coleta, análise e combinação de técnicas quantitativas e qualitativas em um mesmo desenho de pesquisa. Optamos por este método pois, a nosso ver, possibilitou uma maior interação entre as várias formas de coleta de dados que realizamos.

Para o tratamento dos dados coletados empregamos o software EVOC e a técnica de Vergès do quadro de quatro casas, em conjunto com a análise da similitude a partir do programa IRAMUTEQ. Com a ajuda destes dois programas estatísticos verificamos qualitativamente os resultados emergidos. Para tanto utilizamos a análise do conteúdo com categorias emergidas a partir das representações.

Para análise do Estudo de caso 1 recorreremos, conforme mencionado e discutido neste capítulo, a dois instrumentos investigativos: o primeiro, um questionário sobre perfil social dos 201 estudantes das três séries do ensino médio sujeitos da pesquisa. O segundo, a TALP com o termo indutor *Radiação*, onde apuramos as representações sociais dos estudantes do ensino médio.

5.5 Análise das evocações: o quadro de quatro casas

Dentre os métodos utilizados para o estudo das representações sociais escolhemos a abordagem estrutural da Teoria do Núcleo Central, proposta por Abric. Para o processamento dos dados optamos pelo EVOC-2005, desenvolvido por Vergès (2002), que processou os termos da TALP referente a questão “*Escreva as oito primeiras palavras ou expressões que lhe vem à cabeça ao pensar em RADIAÇÃO*”.

Os resultados gerados pelo software EVOC-2005 a partir de seus comandos (quadro 7), o *Lexique* e o *Trievoc*, indicaram que os sujeitos (n=201) evocaram de 5 a 8 palavras, totalizando 1459 evocações. Essas palavras foram organizadas pelo comando *Nettoie* permitindo a padronização da escrita das palavras evocadas considerando a contextualização em que elas aparecem nas justificativas dadas pelos sujeitos.

Foram evocadas 167 palavras diferentes entre as 1459 palavras que constituem o *corpus* de análise (apêndice M). Essas 1459 palavras foram distribuídas e organizadas num *quadro de quatro casas* (quadro 9), combinando a frequência e a ordem em que foram evocadas, possibilitando a distribuição das palavras produzidas segundo a importância atribuída pelos estudantes, o que permitiu a identificação de uma possível centralidade. Esta primeira parte do EVOC possibilita, enquanto estratégia metodológica, o acesso ao núcleo central das representações.

As evocações são organizadas pela frequência e ordem de aparecimento. A frequência (Freq.) representa a quantidade de vezes que a mesma palavra aparece nas evocações dos sujeitos. A ordem média de evocação (OME) representa o posicionamento que a mesma palavra ocupa dentro das oito evocações. Quanto menor a OME, mais prontamente ela foi evocada e,

portanto, se constitui como possível participante do quadrante de centralidade. Definiu-se, para a entrada das evocações no quadro de análise de quatro casas de Vergès, o valor acumulado em torno de 50% do total das palavras evocadas. A tendência central é expressa pela mediana das evocações admitidas no quadro, enquanto o valor hierárquico (*rang*) da OME é calculado pela média de suas médias ponderadas.

No quadrante superior esquerdo (centralidade ou núcleo central) ficam situadas as palavras verdadeiramente significativas para os sujeitos. São elementos que resistem a mudanças e que constituem, provavelmente, a centralidade da representação social da Radiação. As palavras localizadas nos quadrantes pertencentes ao sistema periférico (primeira e segunda periferias e a zona de contraste) são mais flexíveis, protegem o núcleo central. A formação dos quadrantes leva em conta a combinação das frequências de cada termo evocado.

Portanto, a análise e a caracterização das evocações livres, a partir do software EVOC-2005, desenvolvido por Vergès como já detalhado neste capítulo, permitiu, por meio de relações matemáticas, elaborar o quadro de quatro casas e fazer aproximações ao possível núcleo central e ao sistema periférico, conforme resultados apresentado no quadro 5.

Quadrante para o termo indutor RADIAÇÃO						
	RANG < 4,00			RANG ≥ 4,00		
	Centralidade	Freq.	OME	1ª Periferia	Freq.	OME
	Bomba atômica	87	2,75	Celular	78	4,17
	Sol	109	3,08	Micro-ondas	67	4,38
	Raios-X	104	3,26			
Freq. ≥ 67	Luz	68	3,95			
	Zona de Contraste	Freq.	OME	2ª Periferia	Freq.	OME
	Usina nuclear	66	2,8	Bateria de celular	47	4,74
				Elettricidade	34	4,97
				Televisão	49	4,98
				Lâmpada	45	5,39
Freq. ≥ 34 e < 66						

Quadro 5 – Distribuição de Vergès dos termos evocados com o termo indutor *Radiação*, distribuídos pela mediana e pela ordem média de evocação (OME).

Fonte: EVOC, 2005

O estudo das representações com esta abordagem estruturalista proporciona verificar as diferenças entre os elementos cognitivos dos sistemas central e periférico, explorando a natureza de suas representações dentro do contexto social dos sujeitos pesquisados.

A fim de compreender os sentidos dos elementos representativos atribuídos à Radiação pelos estudantes e para sua análise, exploramos os referenciais que ancoram a Teoria das

Representações Sociais de forma a identificar o funcionamento interno de uma representação social, a partir da centralidade e do sistema periférico. Também buscamos entender como se organizam cognitivamente estas representações e de que forma elas influenciam as práticas sociais e ajudam na construção de esquemas com vistas a resolver as situações que envolvam as diferentes radiações desenvolvidas no estudo de caso 2, objeto de investigação da segunda parte da pesquisa.

5.5.1 Os possíveis elementos de centralidade

Segundo Abric, em linhas gerais a centralidade desempenha um papel mais estável e duradouro nas representações sociais e sua determinação pode estar ligada às condições históricas, sociológicas, cognitivas e ideológicas. Cabe ressaltar que no estudo de caso 1, onde analisamos elementos do núcleo central buscando as possíveis representações sociais da Radiação, a técnica de Vergès dá indicações prováveis de centralidade válidas. Para caracterizações mais aprofundadas acerca de um diagnóstico representacional são necessárias técnicas confirmatórias, pois a determinação do núcleo central obedece a procedimentos de análise de dados e a provas chamadas de “testes de centralidade” (CAMPOS & LOUREIRO, 2003).

Através dos elementos pudemos identificar, no quadrante de centralidade, alguns dos sentidos mais compartilhados pelo grupo de estudantes quando estes pensam em Radiação. São os termos que mais vão expressar a questão do figurativo, do icônico, daquilo que supostamente gera representação, bem como da estrutura dessa representação, de como ela se organiza e se estabiliza.

A primeira e segunda periferia são chamadas de sistemas periféricos; é onde ocorre a maioria das trocas simbólicas. Nestes sistemas podemos observar vários acontecimentos, como os elementos que ratificam e apoiam o núcleo central, ou aquilo que vem para combatê-lo, trazer o novo enquanto proposta de mudança, ou que vai tratar de conflitos. Ratificar significa dizer que temos classicamente as representações hegemônicas.

Já a zona de contraste é um dos principais emancipatórios; são representações que estão surgindo, em geral, de subgrupos ou grupos isolados. São elementos importantes que não estão no grande grupo, mas estão a caminho, podendo, no futuro, vir a ser uma representação presente no núcleo central. Na maioria das vezes a própria mídia proporciona essas representações, com assuntos que são repetidos por muito tempo, por exemplo, em noticiários, podendo vir a fazer parte da centralidade.

De acordo com Abric (2003) e Sá (2005), os elementos sociocognitivos presentes no quadrante superior esquerdo do Quadro de Quatro Casas consistem em cognições provavelmente centrais para a representação estudada. São aquelas que tiveram maiores frequências e foram mais prontamente evocadas. Esses elementos exercem a função de defesa da representação e são menos sensíveis a mudanças.

O quadro 5 evidencia a seguinte distribuição nos quadrantes do quadro de quatro casas: no quadrante superior esquerdo (*bomba atômica, sol, raios-X e luz*) estão os possíveis elementos sociocognitivos que compõem o núcleo central das representações de Radiação dos estudantes do ensino médio da escola pesquisada; no quadrante inferior direito, constituindo-se como os prováveis elementos da segunda periferia da representação, estão as palavras *bateria de celular, eletricidade, televisão e lâmpadas*; dentre os elementos da primeira periferia (quadrante superior direito) destacam-se *celular e micro-ondas*, e na zona de contraste (quadrante inferior esquerdo) *usina nuclear*. Na zona de contraste encontramos as representações emancipatórias, que surgem de subgrupos ou grupos isolados. São representações importantes que ainda não estão no grande grupo, mas estão a caminho, podendo, no futuro se tornarem representações de núcleo central, depende de como evoluem. Isto pode ocorrer, por exemplo, quando uma nova notícia surge na mídia, é repetida por vezes e comentada por várias pessoas por algum tempo. Este fato poderá causar uma superexposição do tema, passando a ser uma representação presente no núcleo central. Porém, só vai permanecer como representação à medida que ela tiver uma tradição.

Com relação aos elementos sociocognitivos de centralidade, é importante destacar que *bomba atômica* foi a palavra mais prontamente evocada e que *sol* a palavra que apresenta a maior frequência de evocação, seguida de *raio-X e luz*. Analisando sob o enfoque da TNC, esses elementos caracterizam a parte mais consensual e estável da representação, portanto menos sensível a mudanças.

O sistema periférico, por sua vez, constitui-se de elementos mais flexíveis, com possibilidades de modificações, assumindo, muitas vezes, a função de proteção da centralidade. São elementos que compõem a parte mais operatória das representações e suas determinações estão mais ligadas a situações imediatas e a características individuais.

Abric observa que o que define a centralidade em uma representação são os critérios qualitativos. Assim, não basta um elemento aparecer maciçamente em um núcleo para determinar sua centralidade, já que o fator decisivo é ele dar significado à representação (ABRIC, 1998).

Para o autor, o núcleo central é constituído de “um ou alguns elementos que ocupam na estrutura de uma representação uma posição privilegiada” (ABRIC, 2001). O núcleo é o elemento fundamental da representação, que determina sua significação e sua organização. Ele assegura as seguintes funções essenciais: uma *geradora* (dar significado às representações), uma organizadora (proporciona a organização interna), e a uma propriedade *estabilizadora*, que dá estabilidade e continuidade às representações.

De acordo com as funções que caracterizam o núcleo central, podemos inferir, a partir do quadro de quatro casas (quadro 5), dos grafos de similitude e das respostas apresentadas pelos alunos aos termos evocados, que os elementos *bomba atômica* e *sol* dão significados às representações. Os dois termos apresentam forte ligação de coocorrência (número expresso nas arestas) com outros elementos de representação, conforme demonstra o grafo da árvore máxima da figura 4. A partir destes elementos pode-se criar ou transformar a significação de outros elementos de representação evocados pelos sujeitos, como os elementos *usina nuclear*, *morte*, *Chernobyl*, *ultravioleta*, *câncer*, *eletricidade*. Nesse sentido, entendemos que os termos *bomba atômica* e *sol* dão sentido a outros elementos da representação.

Já os elementos *raio-X* e *luz* determinam uma organização interna e proporcionam a união de diferentes elementos de representação; os dois elementos tem uma forte coocorrência, como podemos observar na figura 4.

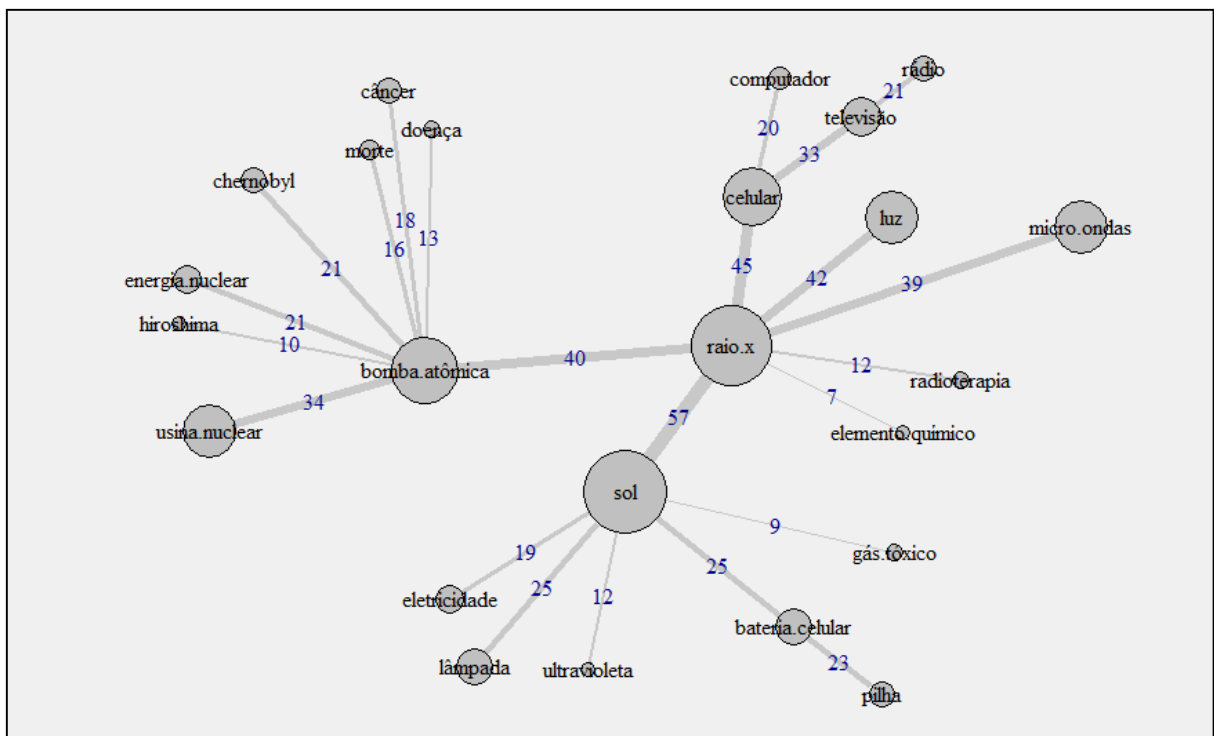


Figura 4: Grafo da árvore máxima de similitude por coocorrência das palavras evocadas pelos sujeitos para o termo indutor *Radiação*.

Para Abric (2001), uma parte do núcleo central é determinado pela natureza do objeto representado, outra parte pela relação que o sujeito ou o grupo mantém com esse objeto. Pode assumir duas dimensões diferentes: *dimensão normativa*, que é aquela que se refere à avaliação, julgamento, atitude ou estereótipo em relação ao objeto de representação, e a *dimensão funcional*, que se refere às práticas exercidas sobre esse objeto.

Com base nas interpretações e justificativas dos estudantes, e com a análise das coocorrências, pudemos afirmar que *bomba atômica*, *sol*, *raio-X* e *luz*, identificados como possíveis elementos sociocognitivos de centralidade, têm uma dimensão funcional, determinando as práticas exercidas sobre os conceitos ligados à Radiação.

A partir do resultado do quadro de quatro casas, exploramos as justificativas dadas pelos sujeitos para os elementos presentes no quadrante da centralidade. Desta forma, pudemos relacionar as evocações conforme a árvore de similitude de cada representação presente num possível núcleo central, com o objetivo de relacionar os elementos sociocognitivos e as justificativas dadas pelos estudantes.

Conforme observamos na figura 4, a árvore de similitude é apresentada na interface dos resultados da análise de similitude, com a identificação das coocorrências entre as palavras e indicações da conexidade entre os termos *bomba atômica*, *raio-X*, *sol*, *luz*, *micro-ondas*, *usina nuclear* e *celular*, auxiliando na identificação da estrutura do campo representacional dos fatores associados à Radiação.

A partir dos elementos evocados pelos estudantes para o termo indutor “Radiação” e com base nos resultados emergidos nos grafos de similitude e no quadro de quatro casas, construímos categorias que denominamos aqui de dimensões.

A análise do núcleo central das representações sociais possibilita que seus elementos sejam visualizados a partir de dimensões que organizam os constituintes empíricos, sejam eles informados pelos entrevistados ou inferidos na análise (OLIVEIRA *et al.*, 2001).

Observamos, a partir destas análises, que a estrutura dessa representação é dada por uma possível centralidade fortemente marcada por três dimensões: cognitiva, ideológica/imaginária e a pragmática/material.

5.6 Dimensões dos possíveis elementos de centralidade

Através da análise dos possíveis elementos de centralidade emergidos a partir do *quadro de quatro casas* e da análise de similitude, delimitamos as dimensões com base nas palavras evocadas e nas justificativas dadas pelos sujeitos da pesquisa para o termo indutor Radiação. Estas dimensões foram ancoradas nos referenciais das Teorias das Representações Sociais e do Núcleo Central.

A primeira categoria emergida foi a ***Dimensão Cognitiva*** onde se encontram representações relacionadas ao objeto/mundo de conhecimento, que para Jovchelovitch (2008) expressam mundos subjetivos, intersubjetivos e objetivos. É uma dimensão ligada a teorias cognitivistas e a conceituações, definições, princípios e relações do indivíduo com o meio.

Quando pensamos nos possíveis elementos sociocognitivos de centralidade que representam essa categoria – temos como um dos representes o *Sol* e suas relações emergidas do grafo de coocorrência (figura 5) –, percebemos, em um dos eixos do grafo, que o elemento *sol* tem uma forte ligação de coocorrência com o elemento radiação e este é tido como prejudicial. Isto demonstra que os sujeitos explicam a radiação com o sol e sabem que ela é perigosa. São relações associadas ao cognitivo, ao conhecimento do indivíduo sobre o meio, pois o sol está no conceitual, sabemos que ele existe e utilizamos pensamentos e compreensões a partir do universo consensual.

Na árvore máxima de similitude (figura 4) o elemento sol apresenta uma ligação com a dimensão cognitiva das palavras eletricidade, lâmpada e bateria de celular, como pudemos perceber nas repostas dadas nas justificativas (quadro 6).

É possível identificar as coocorrências entre estas palavras pelos valores expressos nas arestas, que correspondem ao número de vezes em que elas concorrem. Nestas palavras o sentido pode ser atrelado à materialidade ou às possíveis práticas, porém, ao justificá-las, os estudantes ligaram-nas a questões prejudiciais à saúde, como na relação entre sol–bateria, ou relacionaram com a energia, quando associam eletricidade–lâmpada. Outros estudantes, quando evocaram as palavras para Radiação, utilizaram elementos ligados ao cognitivo, demonstrando o quanto os conceitos associados à Radiação estão ligados à estrutura cognitiva dos estudantes.

Aluno	Fragmentos de justificativas dadas pelos sujeitos às evocações
T13A179	“ O sol pode causar danos à saúde e é um tipo de radiação que gera eletricidade(...)”
T21A105	“O sol envia raios de radiação que nos emite luz e calor (...)”
TT21A102	“ A lâmpada produz radiação e aquece (...) o sol emite radiação e aquece”
T31 A28	“A bateria do celular aquece e produz radiação”
T33A46	“(...) o sol é radioativo, produz calor e se propaga por ondas”.

Quadro 6: Justificativas das evocações dadas pelos sujeitos

Quando falamos da dimensão cognitiva, usamos elementos para a “função de saber”; é como explicamos uma situação (relação com os campos conceituais), pois é a partir das representações que buscamos entender, compreender e explicar a realidade a partir dos saberes do senso comum. Para Abric (2001), na função de saber, as representações sociais permitem que os atores sociais adquiram saberes práticos do senso comum em um quadro assimilável e compreensível, coerente com seu funcionamento cognitivo e com os valores que elas aderem.

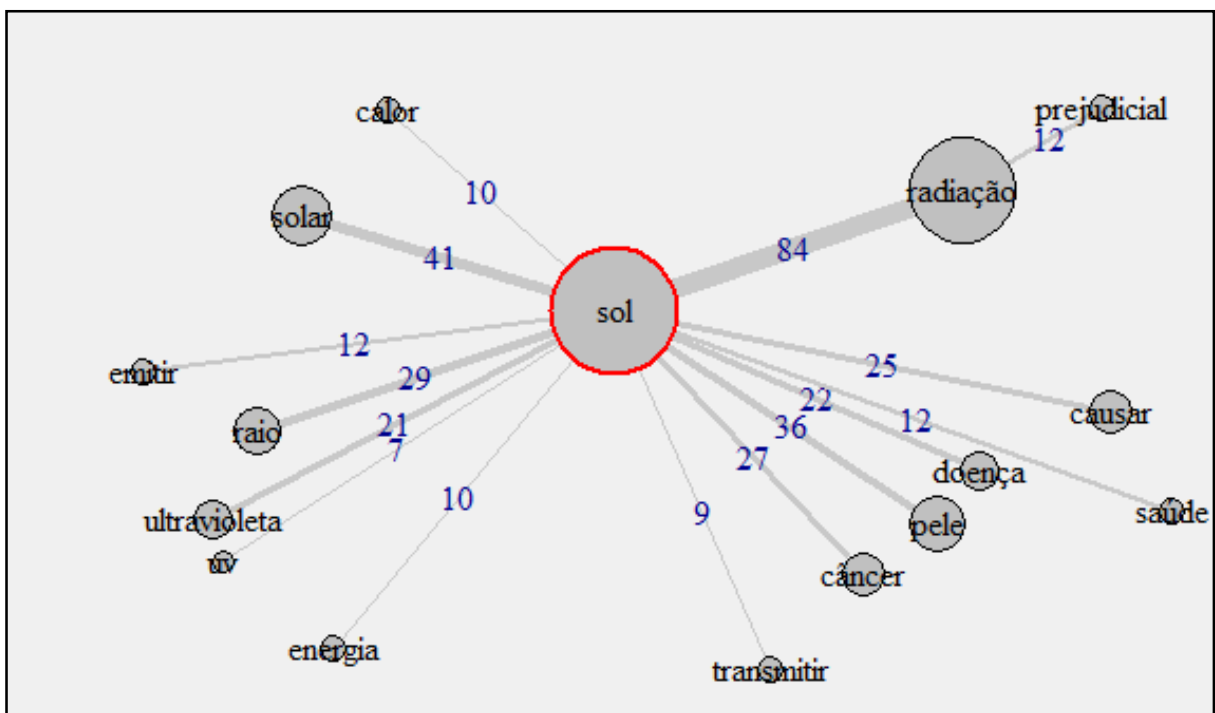


Figura 5: Gráfico da árvore de similitude das justificativas da palavra evocada *sol*.

Outros elementos que também apresentam uma forte relação com a dimensão cognitiva aparecem destacados em um dos eixos do gráfico de similitude (figura 6) das justificativas dadas pelos sujeitos ao elemento sociocognitivo *raio-X*. São energia, luz, radioativo. Os estudantes explicam, por meio do *raio-X*, a Radiação e utilizam conceitos ligados aos conhecimentos adquiridos no seu cotidiano, se apropriando de seus conhecimentos prévios, que são os saberes ou informações que os sujeitos têm guardados na sua mente, para explicá-la.

Por sua vez, a *luz*, um dos elementos sociocognitivos presente no núcleo central, também aparece ligada à dimensão cognitiva e fortemente ligada ao elemento *raio-X*. Os sujeitos utilizam essas duas relações para tentar explicar o que eles entendem por Radiação. Sabemos o que é a luz, mas não podemos tocá-la nem explicá-la sem os conhecimentos científicos adequados. Tanto na árvore máxima de similitude (figura 4) como na árvore da figura 6, a luz apresenta uma relação de coocorrência, demonstrando que os estudantes consideram essas

relações fortemente ligadas à Radiação, como pudemos perceber nas repostas dadas nas justificativas (quadro 7).

Aluno	Fragments de justificativas dadas pelos sujeitos às evocações
T32A40	“A luz usa o aquecimento para gerar uma luz que possui radiação e é usada no raio-x”.
T32A42	“A luz nos traz inovações tecnológicas com diversas radiações, como os aparelhos de raios-X”.
T31A6	“Durante a consulta a luz em excesso do equipamento é um tipo de radiação que causa câncer”
T21A13	“No raio-x a radiação se dá através da luz ao fazer exame no hospital”

Quadro 7: Justificativas das evocações dadas pelos sujeitos

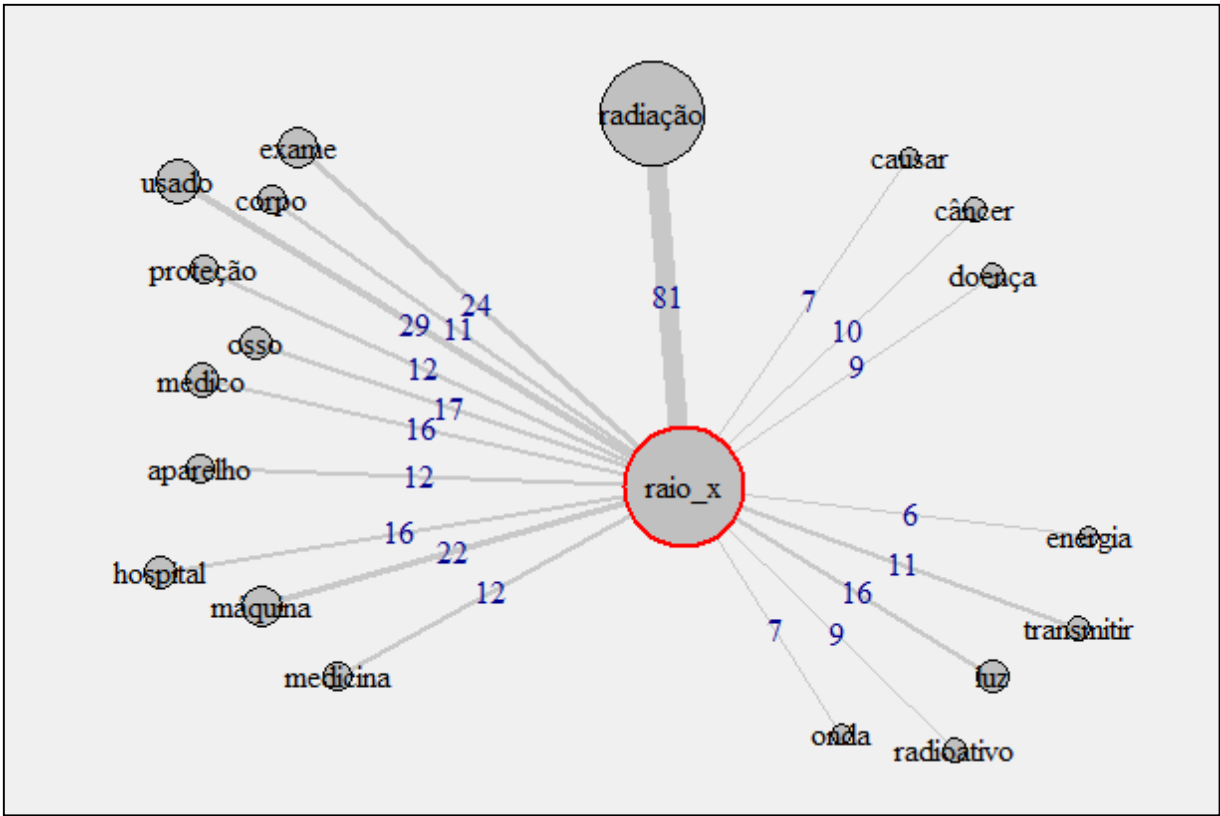


Figura 6: Grafo da árvore de similitude das justificativas da palavra evocada raio-X.

Já a **Dimensão Ideológica/Imaginária** engloba os elementos que vão pensar o social, que reúnem crenças, valores sociais e políticos abordados pela mídia. Como exemplo podemos citar as referências nos meios de comunicação à guerra, ao poder, à morte, elementos estes associados a um determinado período da história e ligados ao elemento sociocognitivo *bomba atômica*.

Podemos pensá-la como imaginária, pois as relações de coocorrência dos grafos de similitude nos permitem perceber que em alguns dos seus ramos aparecem elementos que povoam o imaginário dos sujeitos, a partir das representações da mídia, como Chernobyl, energia nuclear, Hiroshima, guerra.

Quando observamos o grafo das justificativas (figura 7) dadas pelo sujeito para *bomba atômica*, reunimos as dimensões cognitiva e ideológica, pois os elementos atrelados à bomba são conceitos ligados à radiação, por meio da *contaminação*, *elementos químicos*, *fusão*, *explosão* (que aparecem nas respostas). Nestes casos, a questão ideológica se apresenta muito ligada a acontecimentos sociais, como guerras, poder, morte, doença e acidentes nucleares.

Também, ao observamos a árvore máxima, percebemos uma forte coocorrência entre os elementos bomba atômica e usina nuclear, evidenciando que as questões de divulgação na mídia através de noticiários, filmes e documentários ligados às consequências advindas dos elementos pertencentes a função de orientação, guiam comportamentos (a bomba atômica, por meio da radiação, pode causar morte, destruição, doenças). Para Abric, 2001, a função de orientação a representação é prescritiva de comportamentos ou de práticas obrigatórias. Ela define o que é lícito, tolerável ou inaceitável em um dado contexto social.

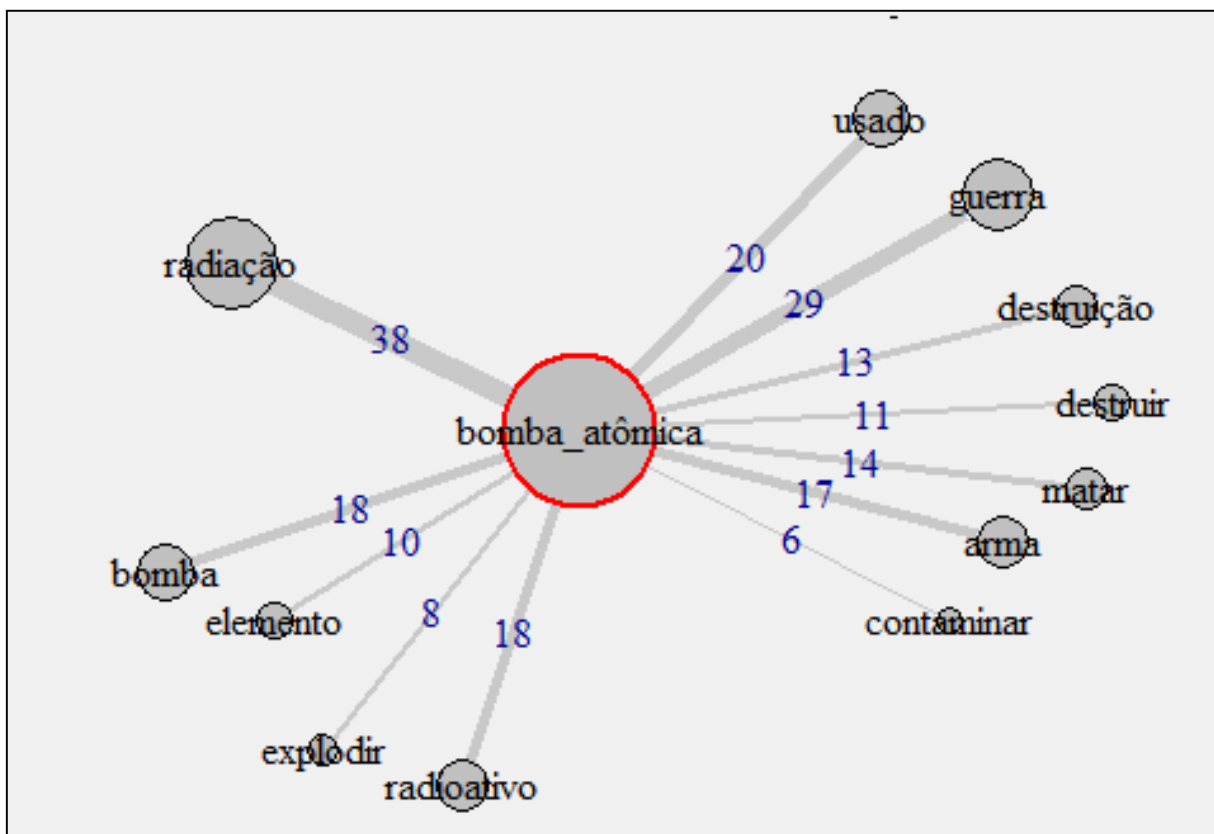


Figura 7: Grafo da árvore de similitude das justificativas da palavra evocada *bomba atômica*.

Por fim temos a **Dimensão Pragmática/Material**, onde os elementos sociocognitivos estão ligados às práticas e o significado de um conceito é dado pelas consequências vivenciadas no dia a dia; é o usual, onde a materialidade expressa as relações concretas, sem a preocupação de buscar uma explicação científica para esses elementos. Exemplos desta dimensão são as justificativas dadas pelos sujeitos às evocações (quadro 8) somadas à análise do grafo de similitude (figura 6) do elemento sociocognitivo *raio-X*, que permitiram identificar elementos ligados às práticas efetivas, como demonstra as relações com as palavras exame, hospital, medicina, máquinas. Também percebemos ligações de coocorrência com o elemento sociocognitivo *raio-X*, que traz materialidade aos elementos *micro-ondas*, *celular*, *televisão*.

Aluno	Fragmentos de justificativas dadas pelos sujeitos às evocações
T3A48	<i>“Raio-X é utilizado na medicina e pessoas que trabalham com a máquina trabalham por um período curto na vida por causa da radiação”; “Micro-ondas deve haver algum tipo de radiação no forno que aquece os alimentos e é bem vedado”; “Celular usada para ver e ouvir da mesma forma que a televisão e funcionam por radiação”.</i>
T31A14	<i>“Raio-X é utilizado em máquinas de hospitais”; “Micro-ondas radiação gera ondas para o forno que aquece os alimentos”; “Televisão precisa de energia elétrica e de radiação para funcionar”; “Celular é montado por placas que geram ondas de radiação e contém uma bateria também com radiação”.</i>
T31A5	<i>“Raio-x a máquina possui muita radiação”; “Micro-ondas é um eletrodoméstico que aquece com radiação”;</i>

Quadro 8: Justificativas das evocações dadas pelos sujeitos

Pelas relações emergidas da árvore máxima de similitude, buscamos as justificativas dadas pelos estudantes a fim de compreender a dimensão pragmática/material dessas representações. Ao analisarmos essas justificativas percebemos que os estudantes que evocaram estes elementos buscaram justificá-los através de exemplos utilizados no cotidiano, ou seja, ligados às suas práticas.

Assim, quando os estudantes relacionam estas representações, as organizam com uma visão coerente do objeto, elaborando ou adotando representações sobre o fenômeno que se constituem em um saber prático e que guia as suas ações e os seus comportamentos (Jodelet, 2001).

5.7 Considerações finais para o Estudo de Caso 1

O estudo das representações sociais da Radiação demonstrou, pela análise dos grafos e das justificativas dos estudantes para os instrumentos utilizados na pesquisa, uma forte

representação de que a Radiação está ligada a elementos sociocognitivos que provocam algum tipo de consequência, ligada diretamente aos malefícios que algumas radiações podem causar ao homem ou ao meio ambiente.

Pudemos perceber, também, que a representação é uma forma de saber prático. Quando trabalhamos com ela vislumbramos possibilidades teóricas para o ensino e sua relação com a Aprendizagem Significativa, pois ela nos fornece um caminho diferenciado para o tratamento dos conhecimentos prévios dos sujeitos em prol de uma aprendizagem com significados.

Sabemos que as representações são construídas a partir de diferentes grupos sociais, de opiniões estruturadas pela sociedade e servem de guia para o professor apoiar diferentes estratégias de ensino com base nestas representações emergidas. Nesse contexto, as investigações acerca das representações sociais dos estudantes nos forneceram subsídios para trabalharmos diferentes situações na segunda etapa desta pesquisa, o Estudo de Caso 2, quando buscamos integrar os conceitos científicos com os possíveis elementos sociocognitivos descritos e analisados neste capítulo, através da elaboração de três UEPS.

Assim, ancoramos as três UEPS nas dimensões emergidas e elaboramos as atividades didáticas e as situações de acordo com as representações verificadas, sempre nos apoiando em um dos objetivos do presente trabalho, qual seja integrar diferentes radiações a conteúdos da Física Clássica.

A primeira UEPS abordou as radiações de micro-ondas e ondas de rádio integradas aos conceitos do eletromagnetismo. Estas radiações encontram-se na dimensão pragmática/material e são representações presentes na maioria dos estudantes, pois estão ligadas à tecnologia. Desta forma, buscamos elaborar situações que permitissem aos estudantes utilizar suas representações e posteriormente evoluir ou modificar estas representações.

As representações trabalhadas na segunda UEPS estão ligadas à dimensão cognitiva, tendo a luz como um dos elementos sociocognitivos central da UEPS. A partir dela, integramos conceitos de óptica com as radiações eletromagnéticas infravermelho, ultravioleta e luz visível, explorando variadas situações com diferentes níveis de complexidade, o que vai ao encontro do referencial dos campos conceituais.

Por fim, elaboramos a terceira UEPS ancorada na dimensão ideológica/imaginária. A partir de situações que exploraram as radiações gama, alfa, beta e o raio-X exploramos as representações relacionadas aos elementos de representação bomba atômica, contaminação e guerra.

Acreditamos que investigar as representações sociais de conceitos e fenômenos físicos proporciona um olhar diferenciado para os conhecimentos prévios dos estudantes e como essas

representações, compartilhadas no cotidiano, podem influenciar nos conhecimentos que os estudantes já adquiriram. Este estudo também oportuniza ao professor ancorar novas estratégias didáticas que venham ao encontro destas representações.

6. ESTUDO DE CASO 2

6.1 Abordagem de diferentes Radiações através de UEPS

Neste trabalho nos propusemos a pesquisar sobre a construção do conhecimento de tópicos relacionados à FMC, mais especificamente dos relacionados às diferentes radiações, no ensino médio. Para tanto, tomamos cuidados metodológicos para que a pesquisa e o ensino tradicionalmente ministrados não fossem prejudicados. Assim, buscamos inserir as diferentes radiações de forma integrada aos conteúdos clássicos que estão presentes na ementa da disciplina, através de UEPS.

Importante salientar que, como apresentado no quadro 9, os tópicos de FMC estão presentes no final do plano de ensino. Este fato tem dificultado a inserção destes tópicos no ensino médio, pois, na maioria das vezes, eles não chegam a ser explorados pelos professores das disciplinas pelos mais variados fatores, entre eles: carga horária mínima para as disciplinas, períodos reduzidos em épocas de greve e paralisações (as quais vêm ocorrendo com frequência nos últimos anos), a dificuldade de uma sequência nos conteúdos devido ao baixo rendimento dos estudantes quando chegam ao ensino médio, principalmente em matemática, ciências e leitura, entre outros.

Ensino Médio – Plano de Ensino de Física - 3ª Série			
Eixo Temático	Ementa	Competências	Habilidades
Meio ambiente	* Eletricidade	*Compreender os equipamentos elétricos que povoam o cotidiano, provendo competências para utilizá-los, dimensioná-los ou analisar condições de sua utilização.	* Reconhecer os tipos de campo elétrico.
	* Eletrostática		* Descrever potencial elétrico.
	*Eletrodinâmicas		* Denominar a função dos capacitores. Resolver problemas simples.
	*Magnetismo		* Diferenciar ímãs. Reconhecer campo magnético e magnetismo terrestre. Identificar substâncias magnéticas.
Família	*Eletromagnetismo	* Compreender a fenomenologia da eletricidade em situações reais, em motores elétricos e	
	Motores Elétricos		

Valores	Geradores Emissores e Receptores	nos desenvolvimentos tecnológicos associados à sua introdução no mundo produtivo, assim como das transformações produzidas pelos modernos meios de telecomunicações.	* Identificar o princípio de funcionamento dos motores elétricos. * Resolver problemas.
Período	*Óptica Geométrica * Óptica Física		* Compreender a estrutura da matéria e as radiações.
2014 - 2016	* Matérias e suas propriedades	* Compreender o mundo microscópio e suas peculiaridades.	* Identificar os efeitos biológicos das radiações.

Quadro 9: Plano de ensino de Física da 3º série da escola pesquisada

No que diz respeito às UEPS, como foi detalhado na seção 3.6, elas são propostas de sequências didáticas fundamentadas em teorias de aprendizagem, mais especificamente na Teoria da Aprendizagem Significativa. Na esteira desta, elaboramos e implementamos as três UEPS que compõem esta pesquisa, com base nos seus princípios e nos aspectos sequenciais elencados por Moreira (2011).

Um dos objetivos da construção e implementação das UEPS foi analisar os esquemas utilizados pelos alunos ao responder as situações-problemas, que são atividades que possibilitam a explicação de um fenômeno e que dão sentido aos conceitos. Estas situações foram propostas com níveis crescentes de complexidade, tendo, como referencial teórico, a Teoria dos Campos Conceituais.

As UEPS foram aplicadas em duas turmas do terceiro ano, trabalhadas com diferentes graus de complexidade e seus tópicos de FMC foram integrados aos conteúdos clássicos. Importante novamente ressaltar que todas as UEPS foram aplicadas pela pesquisadora, que é a professora regente das turmas em que a pesquisa foi realizada, em condições normais de sala de aula.

Nesta seção vamos descrever as UEPS desenvolvidas conforme os princípios e passos que as nortearam. Procuramos detalhar as situações que foram exploradas em sala de aula, bem como evidenciar os pontos onde as possíveis representações sociais foram reapresentadas aos alunos, como forma de promover eventuais transformações nestas representações.

Ao construirmos as estratégias didáticas utilizadas nas UEPS, levamos em consideração os conhecimentos prévios emergidos a partir das possíveis representações sociais e dos mapas mentais elaborados pelos estudantes. Não nos preocupamos em seguir uma ementa específica ou alguma sequência sugerida para os diferentes tipos de radiações, mas em buscar, sempre que

possível, explorar as radiações a partir dos conteúdos clássicos que estão presente no planejamento da escola para disciplina de Física.

Como já citamos, na primeira UEPS foram trabalhadas as radiações, micro-ondas e ondas de rádio inseridas aos conteúdos de eletromagnetismo; na segunda foram trabalhadas radiações da luz visível, infravermelho e ultravioleta inseridas aos conceitos de ótica e na terceira exploramos os raios – X, as radiações gama, alfa e beta e suas aplicações em diferentes situações.

Dentro das sequências não foram apenas exploradas situações da FMC, mas conceitos de conteúdos clássicos. Cabe ressaltar que neste trabalho analisamos as situações que foram usadas no estudo das radiações. As UEPS, em alguns momentos, foram intercaladas com aulas onde abordamos os conteúdos de Física Clássica, pois um dos objetivos era proporcionar esta integração.

6.2 Descrição das UEPS e seus aspectos sequenciais (passos).

6.2.1 UEPS 1 – O ouvir, o ver e o aquecer das radiações integrados aos conceitos do eletromagnetismo.

Contexto: Esta UEPS foi implementada em duas turmas do terceiro ano do ensino médio, durante o primeiro trimestre de 2016, com duração de 19 encontros (cada período corresponde a 45 minutos), seguindo os passos sequenciais sugeridos por Moreira (Moreira 2011):

1º Passo - Foram identificados os objetivos que nortearam a unidade didática e os conceitos propostos para desenvolvimento da UEPS.

Objetivos: facilitar a compreensão dos fenômenos e conceitos básicos das radiações eletromagnéticas; trabalhar o campo conceitual das radiações micro-ondas e ondas de rádio a partir dos possíveis invariantes operatórios emergidos; analisar como as representações são utilizadas nos esquemas utilizados para responder as situações propostas; avaliar indícios de aprendizagem significativa ao final da UEPS.

Conceitos: blindagem eletrostática, campo elétrico, campo magnético, indução eletromagnética, radiação eletromagnética, micro-ondas, ondas de rádio, ondas.

2º Passo - Elaboramos uma atividade introdutória com o objetivo de identificar os conhecimentos prévios.

Na primeira intervenção da pesquisa os alunos, individualmente, elaboraram um mapa mental² e um texto explicativo. Visamos, com esta atividade, investigar os conhecimentos prévios dos alunos sobre Radiação.

Situação Inicial – *Elaborar um mapa mental (individualmente) com o termo Radiação. Após a elaboração do mapa mental, fazer um texto explicando as relações estabelecidas nos seus mapas.*

3º Passo - Desenvolvemos situações-problema num nível introdutório, onde foram trabalhadas a natureza das radiações das micro-ondas e das ondas de rádio.

Na segunda intervenção introduzimos três situações-problema iniciais com o propósito de discutir a natureza das micro-ondas e das ondas de rádio. Os objetivos das situações foram identificar os possíveis invariantes operatórios iniciais das radiações eletromagnéticas, especificamente das micro-ondas e das ondas de rádio

Questão-chave: O uso dos celulares e do forno de micro-ondas pode ocasionar algum mal à saúde? Explique

Situação-problema inicial 1 – *Observe a figura e responda:*

- a) Quais conceitos físicos podem ser explorados no funcionamento do eletrodoméstico?*
- b) Como este eletrodoméstico aquece os alimentos.*
- c) Você conhece algum outro aparelho que utilize mesmo conceito físico no seu funcionamento.*



Figura 8 - Forno de micro-ondas

Fonte: <https://www.magazineluiza.com.br/micro-ondas-electrolux-mtd30-20l/p/0113386/ed/mond/>

² Mapa mental é a representação gráfica de um conjunto de conceitos e ideias com livres associações, apresentando ideias-chave presentes na estrutura cognitiva dos sujeitos. De acordo com Buzan (2005), um mapa mental é “a maneira mais fácil de introduzir e de extrair informações do cérebro, mapeando os pensamentos de forma criativa e eficaz”.

- Situação-problema inicial 2** – a) *Quais conceitos podem ser explorados na figura 9.*
 b) *É possível que exista alguma semelhança conceitual entre as figuras 8 e 9? Explique*



Figura 9 - Antena parabólica

Fonte: <http://www.wikiwand.com/pt/Irradia%C3%A7%C3%A3o>

Situação-problema inicial 3 – *Atividade experimental demonstrativa “A onda que não podemos ver”. Com o rádio ligado sem estar conectado em nenhuma frequência o que podemos ouvir? Após, a professora pede que um aluno aproxime o rádio de uma bateria de 9 V e, ao fechar o circuito, pede para os alunos escreverem o que observaram.*

Ao término da interação com o experimento os alunos voltaram para suas classes e responderam a questão: *Explique as duas situações e identifique alguma situação vivenciada por você que se justifique pelo mesmo fenômeno.*

Nestas situações iniciais exploramos os conhecimentos iniciais dos estudantes buscando os possíveis invariantes operatórios nos esquemas utilizados para responder as questões. Com base nestes invariantes elaboramos situações com maior nível de complexidade.

4º Passo - Apresentar os conceitos trabalhados nas situações-problema iniciais, abordando aspectos específicos de cada atividade, levando-se em conta a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora. Estes conceitos foram apresentados e discutidos no grande grupo durante a apresentação de slides.

Aprofundando o conhecimento - Foram trabalhados, até então, os conceitos de energia, frequência, comprimento de onda, circuito elétrico, campo elétrico e magnético, revisão de ondas, radiação eletromagnética, emissão e detecção de ondas eletromagnéticas.

Neste passo, os conceitos foram reapresentados e debatidos no grande grupo, através da exibição de *slides* e simulações, considerando as respostas desenvolvidas nas situações iniciais, com o objetivo de aprofundá-los. Alguns dos conceitos já haviam sido explorados na segunda série, como os conceitos de ondas e outros estavam sendo ministrados juntamente com a UEPS, como os conceitos de eletricidade. Na aula seguinte os alunos responderam, em duplas, duas

questões abertas referentes aos conteúdos desenvolvidos com base nas simulações exploradas na aula anterior.

As simulações utilizadas para explorar e sistematizar os conceitos de ondas foram:

***Primeira simulação:** teve como objetivos discutir e observar o comportamento das ondas em diferentes meios. Simulador disponibilizado no sítio do projeto PhET – Simulações Interativas da Universidade do Colorado. O roteiro encontra-se no apêndice F.*

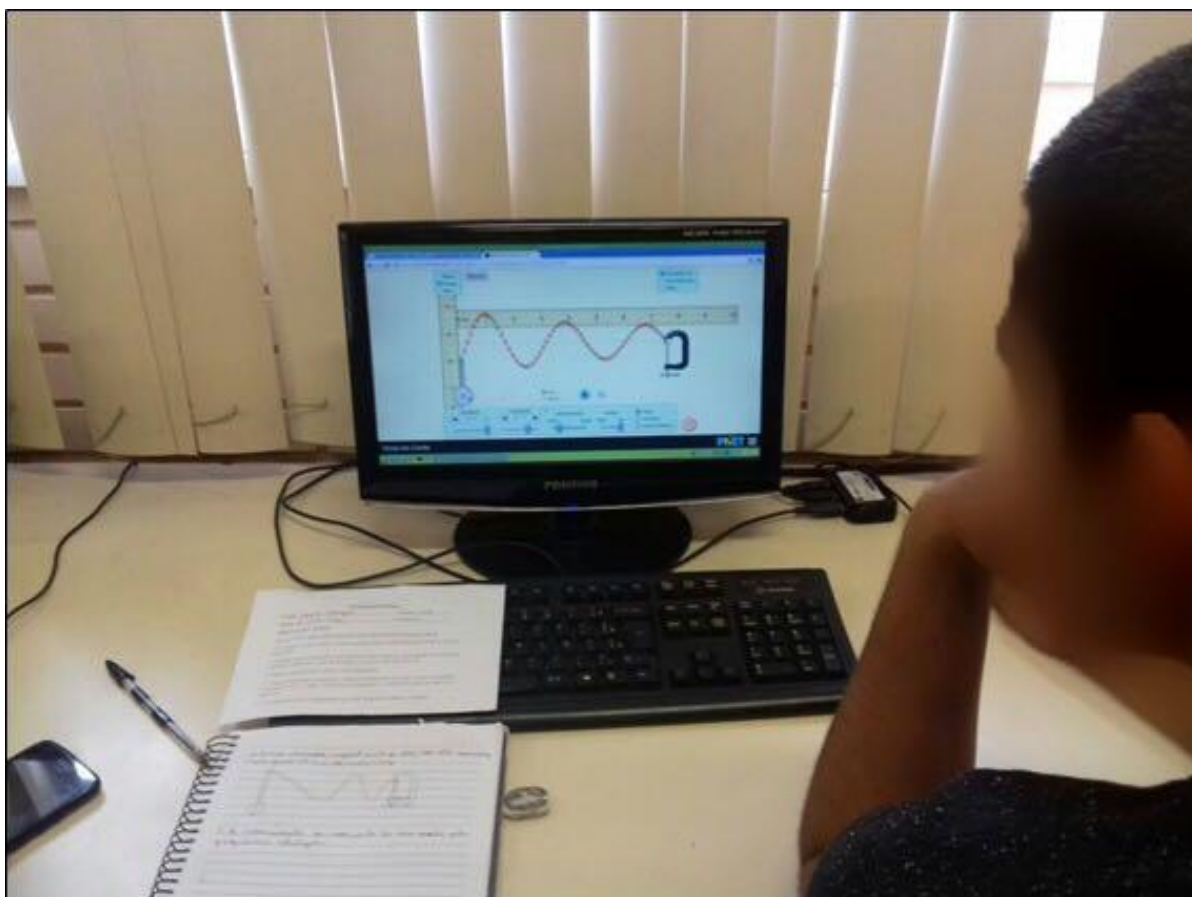


Figura 10: Simulação https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/wave-on-a-string

***Segunda simulação:** teve como objetivo explorar os campos elétricos https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/charges-and-fields e o campo magnético https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/magnets-and-electromagnets. Estes conceitos estão sendo inseridos neste momento. Para estas duas situações utilizamos três aulas para explorar os conceitos e uma aula para resolver atividades (apêndice G).*

5º Passo - Propor novas situações-problema com um maior nível de complexidade.

Alguns conceitos foram explicados com mais detalhes e outros foram introduzidos a partir de atividades experimentais, realizadas para que, progressivamente, fossem apresentados

aos estudantes conceitos de blindagem eletrostática, indução eletromagnética e as micro-ondas. A atividade foi desenvolvida em duplas; foram entregues diferentes materiais e um roteiro para que os estudantes explorassem as situações descritas no roteiro e respondessem as questões. O objetivo da situação foi explorar o funcionamento das micro-ondas, das ondas de rádio e do campo eletromagnético.

Questão-chave: Como você explicaria para um amigo como se dá o bloqueio do sinal dos celulares nos presídios.

Nova situação-problema 1 – Explorando a blindagem eletrostática e a detecção e emissão de radiação eletromagnética

Procedimentos da aula: Primeiro, individualmente os alunos responderam as seguintes situações teóricas:

1. Na sua casa, provavelmente, quando quer escutar uma música no rádio deve sintonizar na FM, e sua mãe quando quer saber as notícias de sua cidade sintoniza o rádio na AM. O que significa FM e AM?
2. Na sua casa você assiste na televisão notícias de outros continentes, assim como no rádio você pode ouvir notícias e até mesmo a transmissão de um jogo que está acontecendo no Japão, além de receber notícias instantâneas por mensagens no celular e até atender ligações de outros países. Elabore esquemas para explicar como ocorrem essas transmissões.
3. Quando utilizamos um recipiente para aquecer o alimento no micro-ondas verificamos que alguns tipos de recipientes não aquecem e que, dependendo do tempo colocado no micro-ondas, não podemos nem tocar o alimento devido à alta temperatura que ele se encontra. Explique como são possíveis essas diferenças de temperatura.

Na sequência foram entregues os roteiros e os materiais para que cada dupla explorasse a atividade.

Roteiro a ser explorado: Nas aulas anteriores vimos que uma onda eletromagnética pode interagir de diferentes formas com diferentes materiais. Com os materiais abaixo você consegue interferir nessas transmissões. Como você faria? Encontre uma forma de bloquear a transmissão do celular do colega e utilize os diferentes materiais explicando cada procedimento utilizado. Levante hipóteses e responda as questões que serão entregues, num segundo momento, pela professora.

Materiais utilizados: Celulares, jornal velho, caixa de sapato, papel alumínio e panela.

Questões:

1. Por que quando ligamos para o um colega apenas o número dele toca?
2. Com qual dos materiais foi possível bloquear o sinal do celular? Por quê?

3. Se você sintonizar uma frequência no rádio e fizer o mesmo procedimento o que você acha que vai acontecer? Justifique falando das semelhanças e diferenças entre os dois aparelhos.

Nova situação-problema 2 – Os Campos Magnético e Elétrico a partir da Experiência de Oersted

Analisar o efeito magnético de uma corrente elétrica que percorre um fio condutor, conforme proposto por Oersted (apêndice H).

Nova situação-problema 3 – Construindo um Rádio de Galena caseiro.

Ao iniciar a aula os alunos receberam uma questão chave em duplas para discutirem, responderem e, após, entregarem para a professora.

Questão-chave: É possível fazer um rádio funcionar sem fonte de energia elétrica (pilha, bateria ou mesmo usina)?

Após a discussão da questão chave os alunos construíram, junto com a professora, um rádio caseiro com objetivo de explorar a recepção e a detecção de ondas eletromagnéticas. O aparato (figura 11) foi construído com base no texto do Grupo de Reelaboração de Ensino de Física (GREF). Após o aparato ficar pronto foram distribuídas as seguintes questões para os alunos responderem:

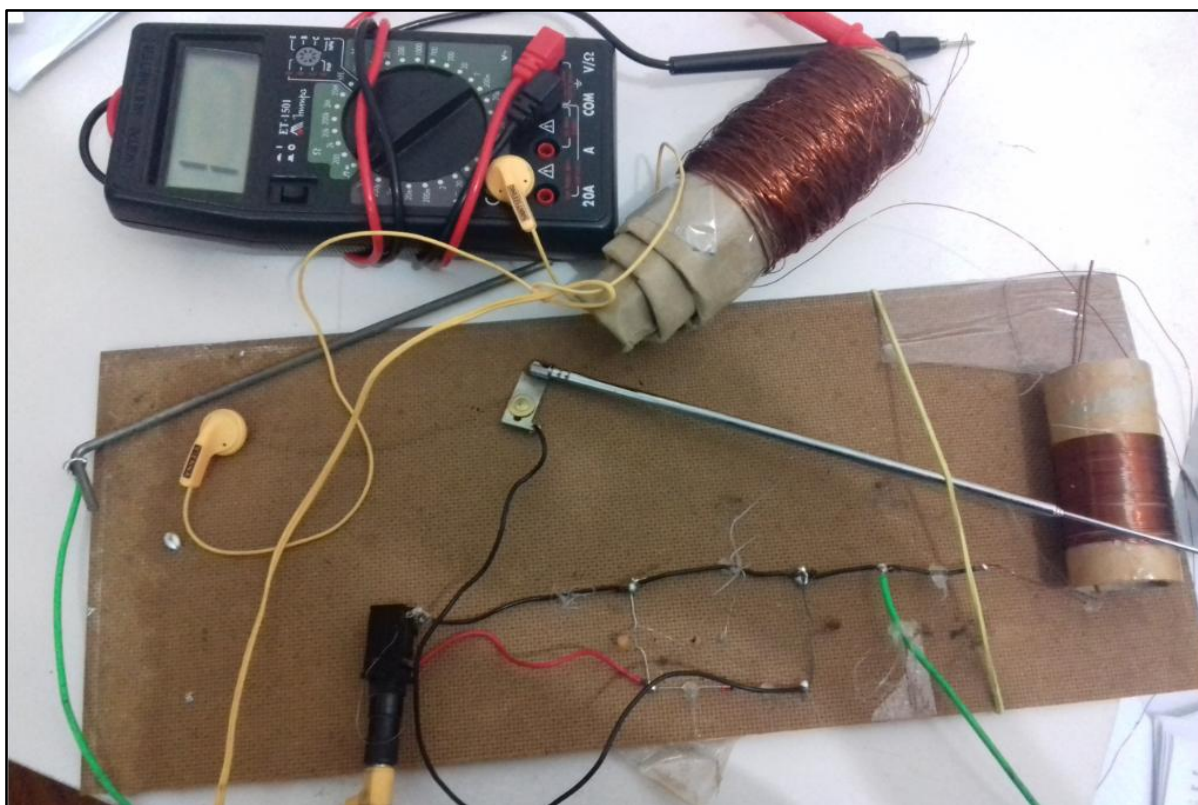


Figura 11 Aparato do rádio de Galena

Questões:

1. A presença de matéria entre a estação transmissora de informações e os aparelhos receptores é necessária para a ocorrência da comunicação de sons e/ ou imagens? Justifique
2. Leia o texto “Ondas de rádio” e faça um esquema a partir do experimento e da leitura, demonstrando como ocorre a produção e a recepção das ondas de rádio.
3. Você já deve ter observado que algumas pessoas (pode ser um parente ou um amigo) estão assistindo um jogo de futebol pela televisão costumam baixar o volume da televisão, substituindo pelo som do rádio. O resultado é que ocorre uma defasagem entre a recepção do rádio e a da televisão. O locutor da emissora de rádio grita Gol, enquanto a TV ainda está passando o lance que vai resultar nesse gol. Qual o motivo de tal defasagem? (*Questão adaptada do livro didático “Física em contextos”*)³

6º Passo - Concluir a unidade retomando os conteúdos e integrando as atividades desenvolvidas durante a UEPS, buscando a reconciliação integrativa.

Este passo foi realizado em quatro encontros. No primeiro encontro foram retomados alguns conteúdos explorando a parte conceitual dos campos elétricos e magnéticos e da indução eletromagnética a partir do experimento de Oersted, que foi realizado pelos estudantes, até chegarmos no rádio de galena. No segundo encontro trabalhamos conceitos iniciais da radiação eletromagnética. Iniciamos explorando a animação http://www.walter-fendt.de/html5/phpt/electromagneticwave_pt.htm que mostra a onda eletromagnética e os conceitos de indução eletromagnética. No terceiro e quarto encontros os alunos foram à sala de informática e utilizaram simulações para retomar alguns conceitos e resolveram algumas atividades a partir dos roteiros. As simulações utilizadas trabalharam as micro-ondas e as ondas de rádio - https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/radio-waves (ondas de rádio) https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/microwaves (micro-ondas).

7º Passo - Foi proposta uma avaliação individual da aprendizagem.

Avaliação somativa individual - nesta atividade foram propostas três situações sobre micro-ondas e ondas de rádio possibilitando aos alunos expressarem livremente sua compreensão.

Situação 1 – Estamos envolvidos por todos os tipos de radiações, e que nos proporcionam todo o tipo de conforto. Porém, alguns tipos podem causar danos à saúde e até

³ PIETROCOLA, M. et al. Física em contextos: pessoal, social e histórico. São Paulo: FTD, 2010.

mesmo transtornos no dia a dia. Um exemplo desses transtornos são os celulares conectados e sendo usados por alunos durante a aula. Alguns professores e algumas instituições não toleram tal situação e estão apoiados pela lei, porém sempre que possível podemos utilizar o celular como recurso pedagógico. O problema mais sério é o uso do celular nos presídios.

Utilizando os conceitos estudados que procedimentos poderiam ser tomados para bloquear os celulares nos presídios?

Situação 2 – *Os radares militares modernos são tão sensíveis que conseguem rastrear uma mosca a dois quilômetros de distância. Para fazer frente a esta tecnologia, os projetistas de aeronaves desenvolveram aviões “invisíveis” que utilizam materiais especiais, formas angulosas e sistemas de interferência eletrônica para não serem detectados. As mesmas ondas usadas na telefonia, na televisão e no radar também servem para cozinhar os alimentos⁴. Explique com suas palavras o tipo de radiação e como ocorre o funcionamento deste tipo de tecnologia. E em que outras situações podemos utilizar este tipo de radiação.*

Situação 3 – *O Bluetooth é uma tecnologia sem fio que permite que computadores, smartphones, impressoras e tablets troquem dados entre si e se conectem com fones, impressoras, caixas de som, e outros acessórios. Qual o tipo de radiação que possibilita que esses dispositivos se interliguem? Explique de que forma isso ocorre.*

8º Passo - Efetividade: verificação do êxito na implementação da UEPS através da avaliação de desempenho dos alunos, denotada através da análise da progressiva evolução de um campo conceitual.

A avaliação da UEPS foi através da análise qualitativa dos esquemas e dos invariantes operatórios dos estudantes ao resolver as situações-problema.

6.2.2 UEPS 2 – A Radiação do visível ao invisível

Contexto: Esta UEPS foi implementada em duas turmas do terceiro ano do ensino médio durante o segundo trimestre de 2016, com duração de 22 encontros (cada período corresponde a 45 minutos), seguindo os passos sequenciais sugeridos por Moreira (Moreira 2011):

1º Passo: Identificar os objetivos que nortearão a unidade didática e os conceitos propostos para o desenvolvimento da UEPS.

⁴ Texto retirado do Núcleo de Pesquisas em Inovações Curriculares da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (FEUSP) <http://sites.usp.br/nupic/wp-content/uploads/sites/293/2016/05/8Texto-3-Espectro-Eletromagnetico-Parte-I.pdf>

Objetivos: identificar e entender a natureza dos diferentes tipos de radiações presentes no dia a dia dos estudantes de ensino médio e suas principais características; explorar o comportamento dual da luz; discutir e compreender, através de experimentos, a formulação de hipóteses e a construção de modelos para os fenômenos observados; buscar, a partir dos esquemas desenvolvidos para responder as situações, possíveis invariantes operatórios e indícios de aprendizagem significativa.

Conceitos: diferentes radiações, a natureza da luz, comprimento de onda, onda eletromagnética, corpo negro, energia, átomo de Bohr, a percepção da cor, fenômenos ondulatórios e espectro eletromagnético.

2º Passo: Elaborar uma atividade introdutória com o objetivo de identificar os conhecimentos prévios e as representações sociais dos alunos sobre o tema Radiação.

Situação Inicial: Com o termo **Radiação** os alunos elaboraram um mapa conceitual⁵. Após a elaboração do mapa os alunos responderam três questões introdutórias:

Questões:

1. Explique o que você entende por luz visível.
2. Cite exemplos de objetos ao redor que emitem e que não emitem luz.
3. O que todos os objetos que emitem luz têm em comum?

3º Passo: Desenvolver duas situações-problema num nível introdutório, onde serão trabalhadas a natureza da luz, a formação das cores e a luz visível.

Situações-problema iniciais: elaboramos três situações-problema com o propósito de discutir com os alunos a natureza da luz, as fontes de luz, radiação do corpo negro e a formação das cores.

Para respondermos estas questões, desenvolvemos três situações. A primeira foi baseada em observações, utilizando-se de um aparato com diversos tipos de lâmpadas e fontes de luz (elaborado pela autora com algumas modificações, tendo como base o aparato desenvolvido nas atividades do curso de dualidade onda-partícula para o ensino médio do grupo NUPIC- figuras 12 e 13), para mostrar as fontes de emissão de luz e suas propriedades.

⁵ Mapas conceituais se destinam a representar relações significativas entre conceitos na forma de proposições, isto é, são dispositivos esquemáticos para representar um conjunto de significados de conceitos encaixados em um sistema de referência proposicional (MOREIRA,2006)

Situação-problema inicial 1 – Observe a demonstração feita pela professora e responda as questões abaixo. Tipos de fontes de luz utilizadas no aparato experimental: lâmpada incandescente, fluorescente, LED, laser, lâmpada de luz negra, lâmpada vermelha, lanterna e vela.

Questões:

1. Escreva as principais diferenças que você acredita que existam entre os diferentes tipos de objetos apresentados.
2. Como ocorre o funcionamento dessas lâmpadas? E da vela?
3. Que tipo de fenômeno se observa em cada objeto para que ele possa emitir luz?
4. Cite as semelhanças e as diferenças que você pode observar entre os objetos. Faça um texto, um quadro ou um esquema comparando-os.
5. A luz é um tipo de radiação associada ao mecanismo da visão. Existe algum tipo de sensação que podemos perceber ao nos aproximarmos de algum objeto que emite luz? Há necessidade de estarmos perto deste objeto? Justifique.



Figura 12: aparato utilizado na situação- problema 1- construído pela autora

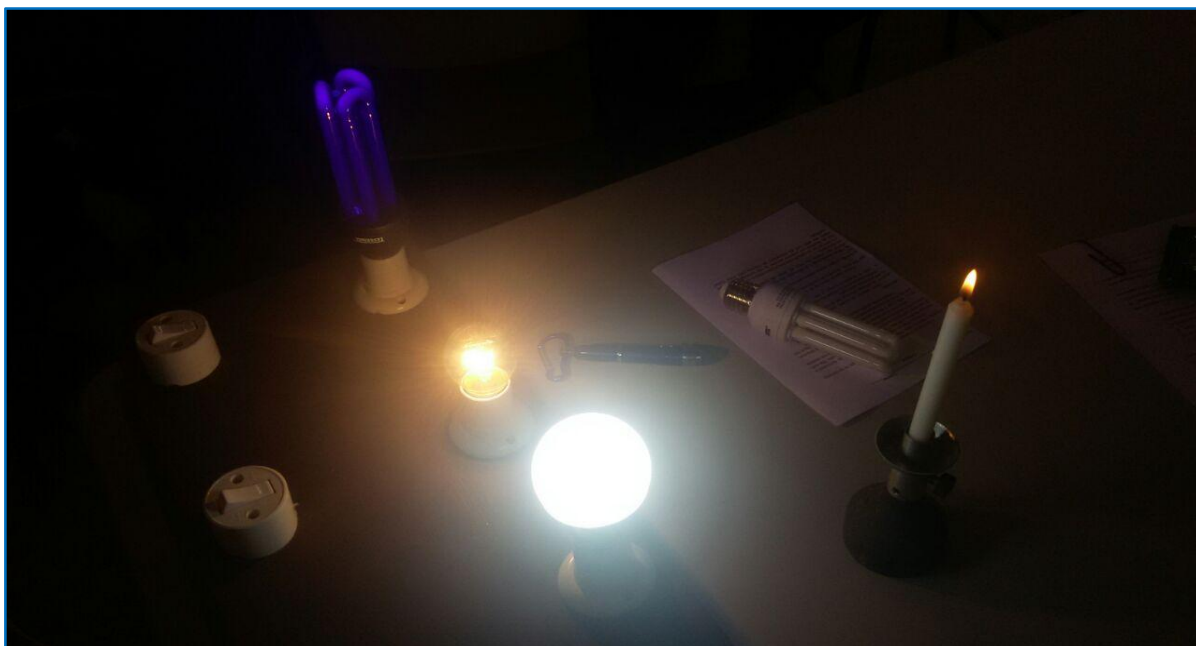


Figura 13: aparato utilizado na situação-problema inicial 1

Nesta atividade exploramos diferentes conceitos introdutórios da ótica e revisamos alguns conceitos de eletricidade, bem como buscamos os possíveis invariantes operatórios para a radiação da luz visível. A atividade foi feita em dupla com o diálogo constante entre alunos e professora. Após a demonstração, os alunos, em duplas, exploraram o aparato e responderam as questões que foram entregues pela professora.

Situação-problema inicial 2 – Nesta situação buscou-se a relação das cores dos fogos com a luz visível e a forma como elas surgem, pois algumas substâncias emitem fótons de luz a um comprimento de onda visível ao olho humano e são utilizadas em fogos de artifícios em cores vibrantes. Antes de ser entregue a situação, os alunos responderam a uma questão-chave que a professora colocou no quadro.

Questões-chave: Como essas cores chegam aos nossos olhos?

Situação 1 - Ao assistir à cerimônia de abertura das Olimpíadas do Rio, você provavelmente se encantou com as imagens apresentadas, como aquela que mostrou a queima dos fogos de artifícios. Os fogos de artifícios são uma das formas mais populares de se festejar alguma data especial ou evento. São espetáculos pirotécnicos que colore o céu. Observando a imagem abaixo, como você explicaria o colorido dos fogos?



Figura 14: Imagem da abertura das Olimpíadas no Rio

Fonte: <http://94fm.com.br/cerimonia-de-abertura-da-olimpiada-rio-2016-empolga-brasileiros/>

Situação-problema inicial 3 - Nesta situação trabalhamos os conceitos iniciais da radiação infravermelha, suas relações com a temperatura e relação da cor do material com o espectro da luz visível.

Situação2 - Você precisa consertar a correia da sua bicicleta. Ao sair da escola convida um colega para passar numa oficina e enquanto espera ser atendido, observa o mecânico martelando uma barra de metal aquecida pelo fogo (figura 15). Percebe que quanto mais tempo o metal fica no fogo, mais vermelho fica a extremidade do mesmo. Explique para seu colega por que o metal emana uma luz avermelhada? Existe alguma relação como a situação anterior?



Figura 15: Atividade com imagem - Barra de metal aquecida.

Fonte: <https://pt.depositphotos.com/167305608/stock-photo-blacksmith-hammering-hot-metal-arrow.html>

4º Passo: Apresentar os conceitos trabalhados nas situações acima, em um maior nível de complexidade.

Aprofundando o conhecimento: Neste passo foram desenvolvidos os conceitos iniciais de óptica geométrica e a natureza da luz; as aulas foram desenvolvidas com data show e na sala de informática com simulações. Após esta atividade os alunos receberam alguns exercícios para resolver em duplas, sobre os conceitos de óptica e das radiações envolvidas no processo. Após, introduzimos uma situação-problema para relacionar a energia com as diferentes colorações da vela.

***Situação-problema** – A partir do experimento “Chama da Vela”, que tem como objetivo identificar diferentes regiões da chama de uma vela, introduzimos o estudo das ondas eletromagnéticas a partir da identificação das diferentes colorações presentes. Antes da realização deste, os alunos foram incentivados a levantar hipóteses acerca dos resultados que imaginam obter com a realização da atividade. Após a realização da atividade experimental, e de posse dos resultados verificados, os alunos confrontaram as respostas obtidas, com suas expectativas iniciais, e discutiram as variações do que imaginavam ocorrer e o que efetivamente ocorreu, identificando os fenômenos envolvidos.*

Experimento 1 – “Chama da Vela”

Os alunos observaram e analisaram a chama de uma vela (figura 16) e identificaram as suas diferentes regiões. Para esta atividade os alunos formaram grupos com 2 integrantes e formularam sínteses das observações, que foram posteriormente discutidas no grande grupo.

Material: vela, papel ofício, lápis de cor.

Procedimento Experimental:

- Acender a vela e procurar representar, em um papel, as diferentes colorações que nela apareçam;
- Discutir com os colegas do grupo se existe alguma relação entre a cor de cada região, temperatura e energia;
- Se existirem as relações acima, identificá-las no desenho e determinar qual cor tem a menor e qual cor tem a maior temperatura;
- Elencar as conclusões obtidas a partir do experimento.

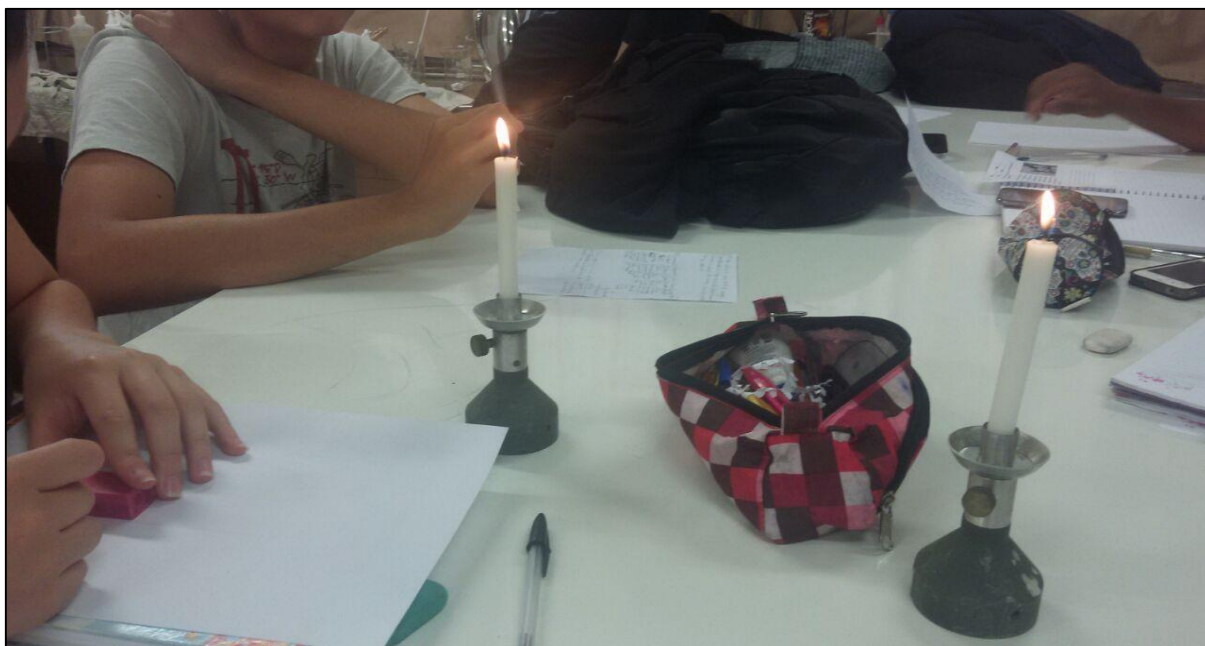


Figura 16: Atividade experimental “chama da vela”

5º Passo: Propor novas situações-problema com um maior nível de complexidade.

Alguns conceitos foram explicados com mais detalhes e outros introduzidos a partir de uma atividade demonstrativa realizada para que a natureza da luz pudesse ser apresentada aos alunos progressivamente.

***Novas situações-problema** – Neste passo, apresentamos uma nova situação-problema com o propósito de discutir com os alunos alguns fenômenos ondulatórios, como se comporta a composição do sol e alguns conceitos iniciais da radiação do corpo negro e da espectroscopia. As atividades foram desenvolvidas em 8 encontros.*

Questão-chave: Como se forma o arco-íris?

Ao realizarmos as atividades experimentais com as diferentes lâmpadas observamos que elas emitem luz branca, mas que o ‘branco’ não é igual entre elas, nem igual à luz do sol. Por quê?

Nova Situação-problema 1

Experimento 2 “Teste das Chamas” – A atividade experimental foi realizada de forma demonstrativa e participativa (figura 17), conforme roteiro.

Cada “chama luminosa” emitirá uma determinada cor quando for submetida ao aquecimento. Os frascos estão previamente identificados. À medida que os frascos forem submetidos ao aquecimento, observe o que ocorre e faça suas anotações. Encontre respostas que justifiquem as diferentes cores apresentadas pelas chamas.

Chama	Hipóteses	Observação	Explicação
1			
2			
3			
4			
5			



Figura 17: Atividade com o teste das chamas

Experimento 3 – “Desvendando o arco-íris”: Foi realizado em um dia ensolarado, em duplas, no pátio da escola, conforme o roteiro abaixo:

1ª Parte: Observe com o seu colega as imagens das figuras 18, 19 e 20 e faça um relato explicando quais os fenômenos observados, quais os conceitos físicos envolvidos, exemplos de situações semelhantes e quais relações podem ou não serem estabelecidas entre os fenômenos.

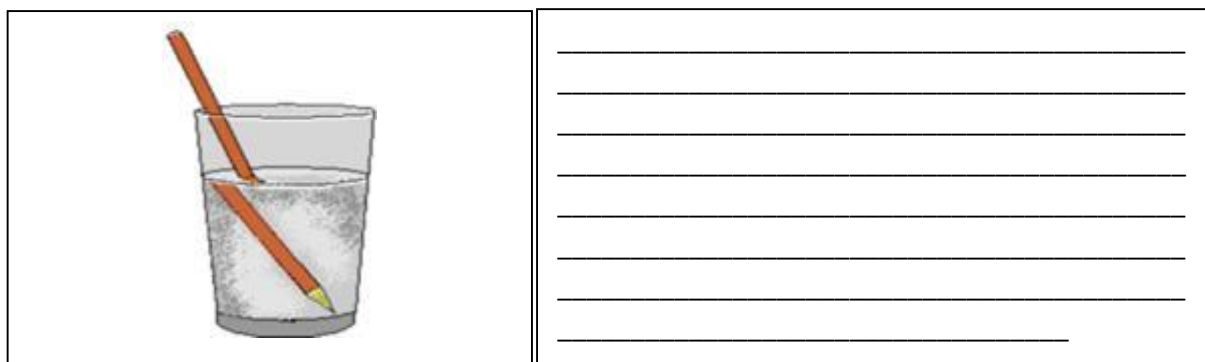


Figura 18: Imagem refração da luz

Fonte: <http://www.coladaweb.com/fisica/optica/reflexao-difusao-e-refracao-da-luz>

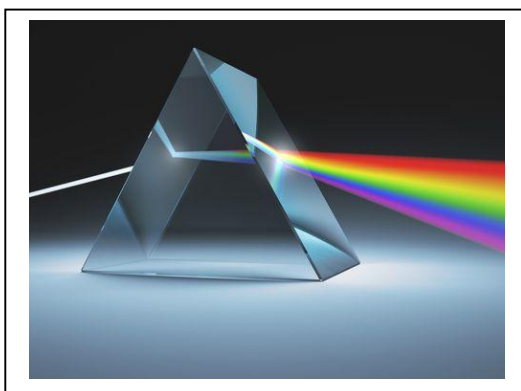


Figura 19: dispersão da luz - ilustração

Fonte: <http://www.infoescola.com/fisica/espectro-eletromagnetico/>



Figura 20: Ilustração do arco-íris

Fonte: <http://www.infoescola.com/fisica/espectro-eletromagnetico/>

2ª Parte - Cada aluno vai receber um prisma, um copo, uma caneta, uma fonte de luz branca (sol ou uma lâmpada) e um laser. Após, tentará reproduzir as imagens das figuras 18 e 19 e explicar os fenômenos observados, comparando com o relato produzido na primeira parte da atividade. Esta atividade tem por fim discutir os fenômenos de reflexão, refração e dispersão da luz (figura 21).

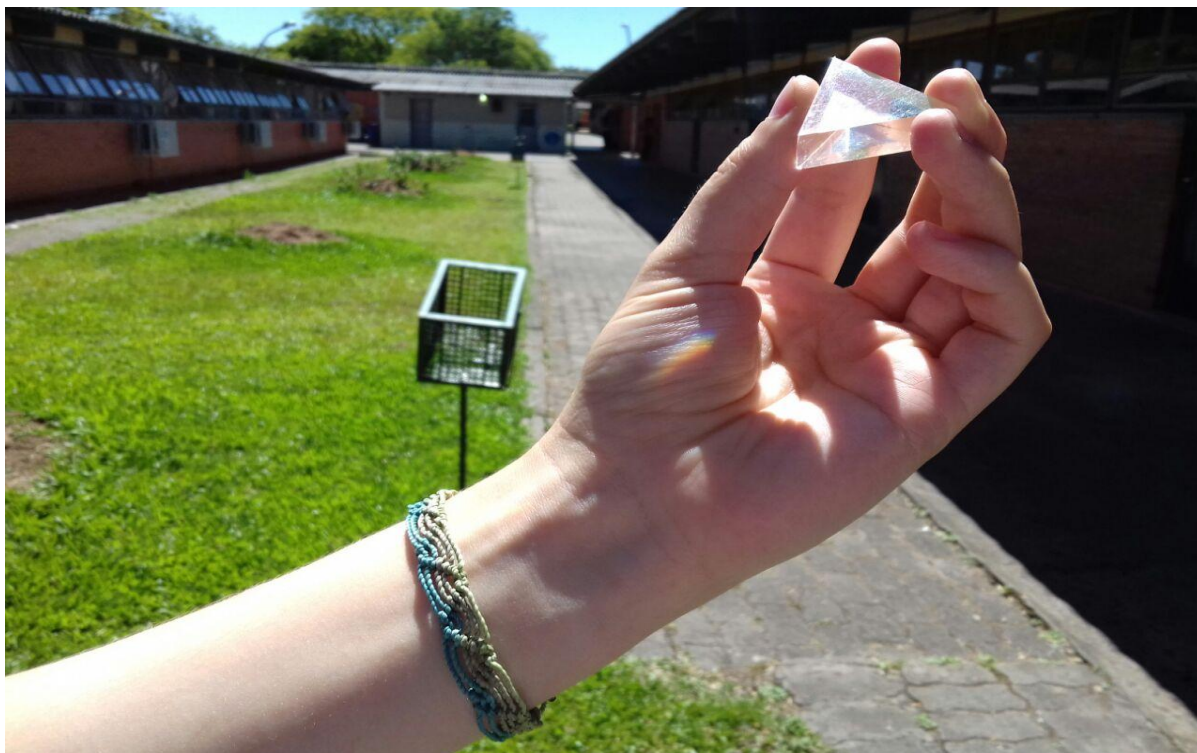


Figura 21: aluna realizando a 2ª parte da atividade.

Experimento 4 – “Espectros de Emissão”

Foi distribuído aos alunos um aparato experimental⁶ (figura 22), que representa, de forma simplificada, um espectroscópio.



Figura 22: Aparato experimental - espectroscópio

Os alunos, em duplas, observaram o comportamento de diferentes fontes de luz, utilizando o aparato com as diferentes fontes apresentadas na situação problema inicial

⁶ Esta atividade foi proposta pelo Núcleo de Pesquisa em Inovações Curriculares (Brockington, G.A., 2005).

(figuras 23 e 24), e fizeram um relato das diferenças e semelhanças encontradas. Após utilizaram uma simulação para complementar a atividade.



Figura 23 – Alunos realizando atividade com espectroscópio



Figura 24 – Alunos realizando atividade com espectroscópio

Nova Situação-problema 2 - Nesta situação utilizamos três diferentes estratégias com o objetivo de explorar a radiação do corpo negro.

Questão-chave – O que você entende por radiação do corpo negro?

Atividade 1 – Leitura do Texto (*Organizador Prévio*) – Inicialmente os alunos responderam uma questão-chave. Após a leitura do texto⁷ (anexo 1) utilizado como organizador prévios, os alunos fizeram um esquema explicando o que eles compreenderam sobre o texto e, após, responderam ao questionário ele.

Atividade 2 – Simulação – Na aula seguinte foi realizada uma simulação (<https://phet.colorado.edu/pt/simulation/blackbody-spectrum>) (figura 25) referente à Radiação de Corpo Negro e que está disponível no site do *PhET – Interactive Simulations*, seguido de um roteiro (apêndice I).



Figura 25: Atividade com a simulação do corpo negro

Atividade 3 – Experimento – (figura 26) A atividade experimental teve como objetivo ilustrar a radiação do corpo negro (apêndice J).

⁷ Texto retirado do GEF/UFSM com algumas modificações. - <http://coral.ufsm.br/gef/arquivos/fisimod.pdf>



Figura 26 – Experimento radiação do corpo negro

6º Passo: Realizar uma aula expositiva com o objetivo de concluir a primeira parte da UEPS, que discutiu a radiação da luz visível e conceitos de ótica, de forma a retomar os conteúdos, integrando as atividades desenvolvidas durante a UEPS e buscando a reconciliação integrativa.

Após, será apresentada uma nova situação-problema em um nível mais alto de complexidade, para se trabalhar mais dois tipos de radiações que fazem parte do espectro eletromagnético.

***Diferenciação Progressiva** – Após a aula expositiva foram apresentadas novas situações-problema relativas aos conceitos das radiações ultravioleta e infravermelha. Neste passo foram trabalhados seus aspectos positivos e negativos e suas diferenças, relacionando-as com a luz visível. As novas situações foram desenvolvidas em 5 encontros.*

Questões-chave:

1. Apontando um controle remoto para uma televisão conseguimos fazer com que ela ligue. Como isso ocorre?
2. Como a radiação solar chega até a superfície da Terra?
3. Você acha mais seguro para sua saúde se bronzear apanhando sol, com os devidos cuidados, ou fazendo uso do bronzeamento artificial? Explique.
4. Como é possível que o bloqueador solar impeça a queimadura da pele e possíveis doenças na pele causadas pela radiação? Esta radiação pode causar algum benefício para nossa saúde?

***Novas situações-problema em nível maior de complexidade** - Nestas situações foram explorar as radiações do infravermelho e ultravioleta a partir de atividades experimentais e de leitura de textos.*

Nova situação-problema 1:

Experimento 5 – “Enxergando a luz invisível além do vermelho”

Nesta atividade experimental os alunos analisaram o espectro da luz solar e suas variações de temperatura através de um aparato similar (figura 27) utilizado por Herschel quando descobriu a existência do infravermelho.

1ºMomento – Reproduzindo o experimento de Herschel⁸

Materiais Utilizados:

Suporte com prisma

Termômetros e canetas pretas.

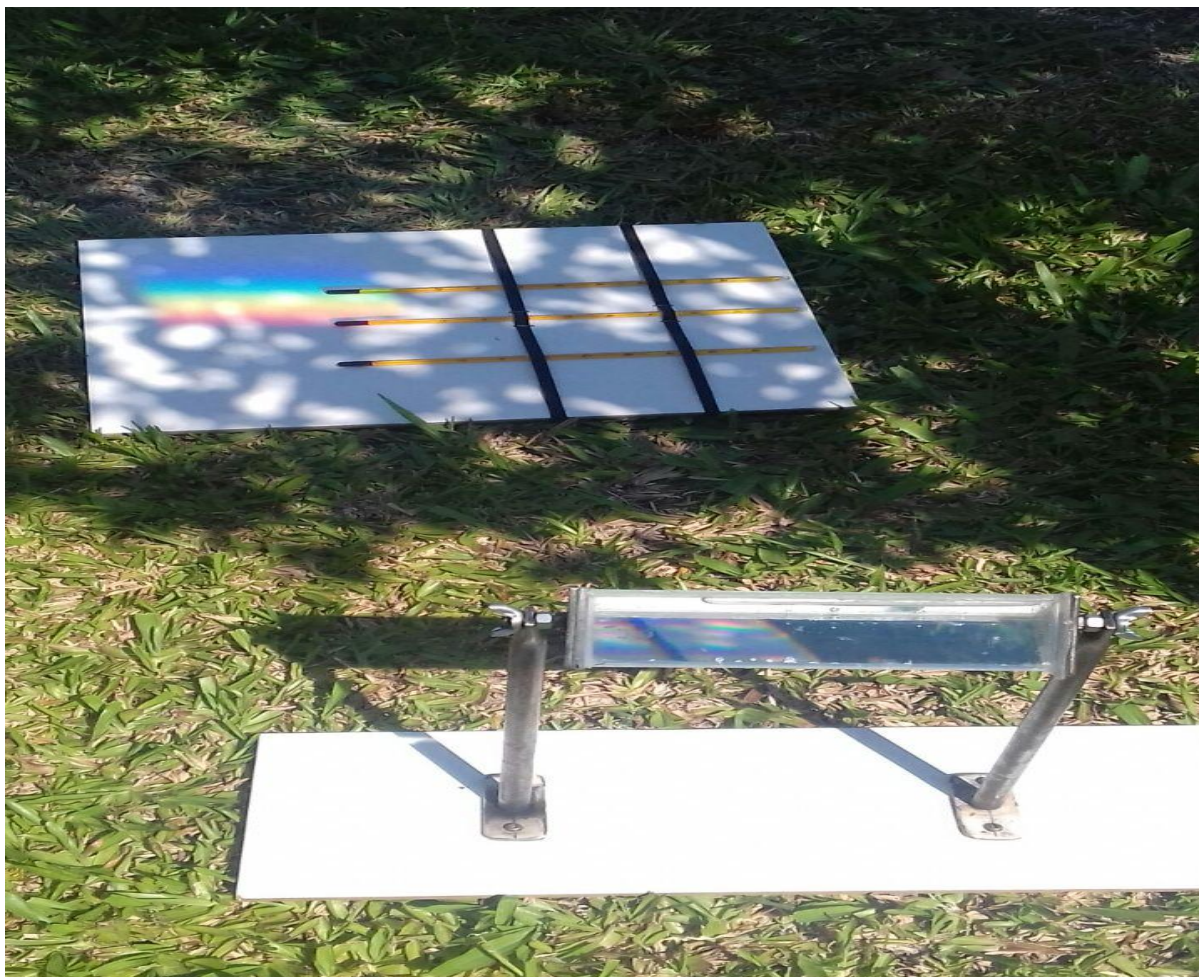


Figura 27: Aparato com base no experimento de Herschel desenvolvido pela autora

⁸ Roteiro experimental desenvolvido por um grupo de divulgação científica associado à NASA, e encontra-se disponível na forma original no endereço http://coolcosmos.ipac.caltech.edu/page/lesson_herschel_experiment

Procedimento experimental:

- Checar a temperatura dos termômetros na sombra.
- Colocar os termômetros sob o espectro. Posicionar o “bulbo” esquerdo na parte azul do espectro, o bulbo do meio na parte amarela do espectro, o bulbo da direita um pouco além da parte vermelha do espectro na região aonde não existe luz visível.
- Completar o quadro abaixo:

	Termômetro 1	Termômetro 2	Termômetro 3
Na sombra			
Temperatura no Espectro	Termômetro 1 Cor: _____	Termômetro 2 Cor: _____	Termômetro 3 Além do vermelho
Após 1 minuto			
Após 2 minutos			
Após 3 minutos			
Após 4 minutos			
Após 5 minutos			

Questões para observação (figura 28):

1. O que você observou nas leituras das temperaturas?
2. Onde ocorre a mais alta temperatura? O que você acha que existe além da borda vermelha do espectro.
3. Discuta com os colegas o experimento e os fenômenos observados e descreva com suas palavras.



Figura 28 – Alunos realizando a atividade com base no experimento de Herschel

2º Momento – Confrontando dados históricos.

Foi entregue aos alunos um artigo⁹ com os experimentos realizados por Herschel, para que fossem discutidos os aspectos históricos e confrontados os dados obtidos na situação anterior com as do texto (anexo 3). Neste momento os grupos fizeram um relato das duas atividades para a turma.

Nova situação-problema 2: Radiação ultravioleta e uso do protetor solar

Questão-chave: Como a radiação solar chega até a Terra?

Experimento 6 – Neste experimento foi observada a função do protetor solar e como a radiação ultravioleta se comporta (figura 29).

Material: lâmpada de luz negra, lâmpada incandescente, papel branco, marca texto amarelo, protetor solar e creme para o corpo.



Figura 29: Atividade com protetor solar desenvolvida pelos alunos

Procedimento Experimental:

- Faça um retângulo amarelo em um papel branco usando uma caneta marca texto com tinta fluorescente amarela;

⁹Oliveira e Silva (2014) “William Herschel, os raios invisíveis e as primeiras ideias sobre radiação infravermelha”

- Espere a tinta secar e passe protetor solar sobre um terço do retângulo. Sobre outro terço do retângulo passe um creme ou loção que seja parecido com o protetor, mas que não contenha filtros solares em sua composição;
- Depois, ilumine o papel com uma lâmpada de “luz negra” em um ambiente escuro.
- Compare a aparência do retângulo quando iluminado por luz branca normal ou pela radiação ultravioleta emitida pela lâmpada de “luz negra”.

Questão:

O que acontece com o papel quando a luz negra incide sobre a tinta fluorescente com protetor solar? E no creme? Podemos explicar com base na observação a função do protetor solar sobre a nossa pele?

7º Passo: Propor uma revisão integrando os conceitos e uma avaliação individual da aprendizagem. Neste passo exploramos a dualidade da luz com um atividade no laboratório.

Avaliação – Foi realizada uma avaliação individual através de questões abertas envolvendo os conceitos da UEPS.

8º Passo: Solicitar que os alunos elaborem um mapa conceitual integrando todos os conceitos vistos até o momento. A análise desses mapas possibilitará verificar se ocorreu uma evolução na aprendizagem, uma ampliação das representações e verificar possíveis invariantes operatórios para os tipos de radiações abordados na UEPS.

Avaliação da aprendizagem na UEPS – Os alunos, individualmente, elaboraram um mapa conceitual.

Avaliação da UEPS – A avaliação da UEPS foi através da análise qualitativa das atividades realizadas. Com esta avaliação foram analisadas também as observações registradas pela professora no diário, a avaliação somativa individual e as respostas das situações propostas.

6.2.3 UEPS 3 – Da Segunda Guerra Mundial às Histórias em Quadrinhos interagindo com a matéria.

Contexto: Esta UEPS foi implementada em duas turmas do terceiro ano do ensino médio durante o terceiro trimestre de 2016, com duração de 20 encontros (cada período corresponde a 45 minutos), seguindo os passos sequenciais sugeridos por Moreira (Moreira 2011):

1º Passo: Identificar os objetivos que nortearão a unidade didática e os conceitos propostos para o desenvolvimento da UEPS.

Objetivos: identificar e entender a natureza dos diferentes tipos de radiações e suas principais características; promover o domínio progressivo do campo conceitual para as radiações a partir dos possíveis invariantes operatórios emergidos nas resoluções das situações.

Conceitos: radiação eletromagnética, radiações alfa, beta, gama, radioatividade, raios-X, energia nuclear.

2º Passo: Elaborar uma atividade introdutória com o objetivo de identificar os conhecimentos prévios de Radiação.

Neste passo elaboramos duas situações iniciais; na primeira foram entregues aos alunos questões e imagens (figura 30) de cenas da segunda guerra mundial e do acidente de Hiroshima para que eles fizessem relações com as Ciências e com a sociedade.

Situação Inicial 1:

Questões:

1. De que o átomo é composto?
2. Que tipos de interações estão presentes na natureza.
3. O que você entende por energia.
4. Você acha possível que as radiações possam ser emitidas por fontes naturais? Justifique.
5. Existe diferença entre contaminação e irradiação? Explique.
6. Algumas indústrias utilizam radiação em seus processos produtivos. Você conhece algum tipo de produto que se utilize desse processo? Exemplifique.
7. Quais as vantagens e desvantagens do uso da radiação nas indústrias, na sua opinião?

Situação Inicial 2: Utilizar imagens para que o aluno consiga externalizar seu conhecimento prévio sobre energia nuclear e as suas relações com a Ciência.

Observe as imagens abaixo e responda as questões.

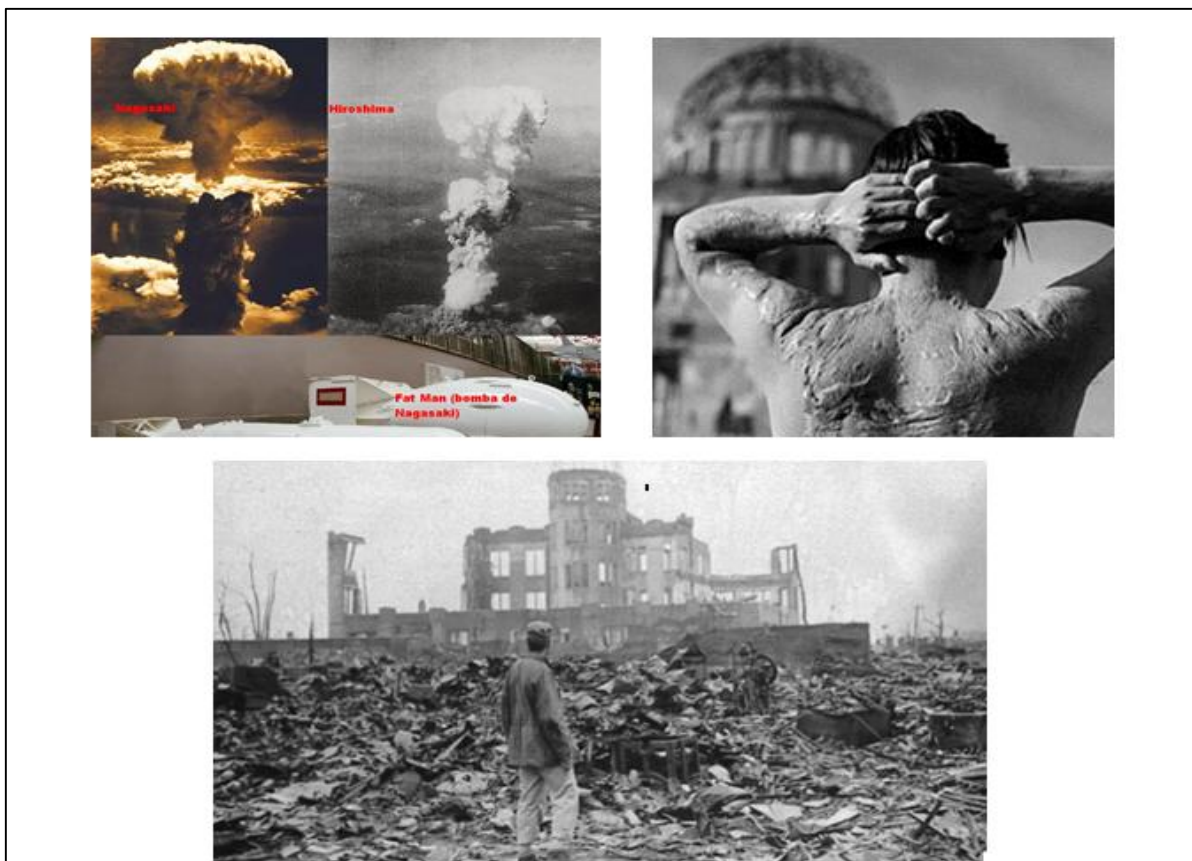


Figura 30: Imagens das consequências da explosão da usina de Chernobyl e do lançamento da bomba atômica. Fonte¹⁰:

Questões:

1. De que forma o desenvolvimento da Ciência pode estar relacionado com as imagens acima? Justifique.
2. Que conceitos físicos, químicos e biológicos você consegue identificar nas imagens acima?
3. Você saberia identificar que eventos estão sendo representados nas imagens. Explique resumidamente cada evento.

3º Passo: Desenvolver duas situações-problema num nível introdutório, onde serão trabalhados os conceitos de radiação ionizante e energia nuclear. No início de cada situação-problema foram propostas questões-chave para serem discutidas pelo grande grupo antes da realização dos experimentos.

Situações-problema iniciais: elaborar situações-problema com o propósito de discutir com os alunos os conceitos iniciais de radiações ionizantes.

¹⁰<http://pt.rfi.fr/geral/20150809-70-anos-apos-bomba-atmica-sobre-nagasaki-e-hiroshima> ;
<http://www.japaoemfoco.com/hiroshima-antes-e-depois-da-bomba-atmica/>
<https://ushypocrisy.com/2015/08/15/the-nuking-of-hiroshima-and-nagasaki-70-years-later-images/>

Questões-chave:

1. Como você explicaria para uma criança o que é matéria?
2. Como descrever o átomo se não podemos observá-lo diretamente?
3. Em qual (is) local (is) você acha que pode estar exposto a alguma forma de radiação?

Justifique suas escolhas.

- | | |
|-------------------------|---------------------|
| a) em casa | b) na praia |
| c) no hospital | d) na escola |
| e) na rua | f) em uma indústria |
| g) em uma usina nuclear | |

Situação-problema 1 – Nesta situação utilizaremos um filme como organizador prévio.

Assista o vídeo sobre Hiroshima e responda as questões abaixo.

Questões:

1. Que radiações são observadas no documentário.
2. Quais efeitos esse tipo de radiação pode causar para a saúde?
3. Quais questões sociais e políticas estão envolvidas no documentário?

Situação-problema 2 – Para responder as questões-chave desenvolveremos duas atividades a partir da visualização de imagens. As imagens foram projetadas no Datashow para facilitar a visualização das cores.

Atividade 1- Interagindo com as imagens. Observe as imagens (figuras 31,32 e 33) e faça um relato do que você observa e justifique o funcionamento, a importância e o tipo de radiação que podem estar relacionadas com as imagens.

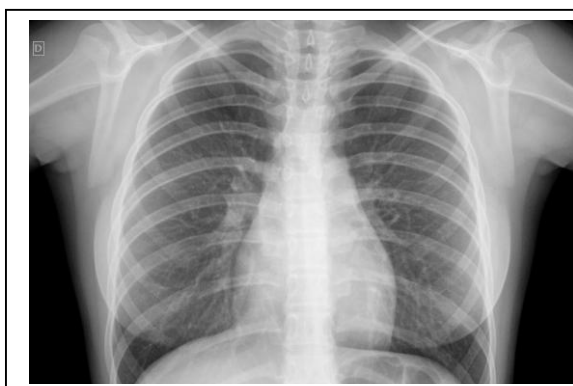


Figura 31: Ilustração de uma radiográfica do tórax

Fonte: <https://www.saudemedicina.com/radiografia>

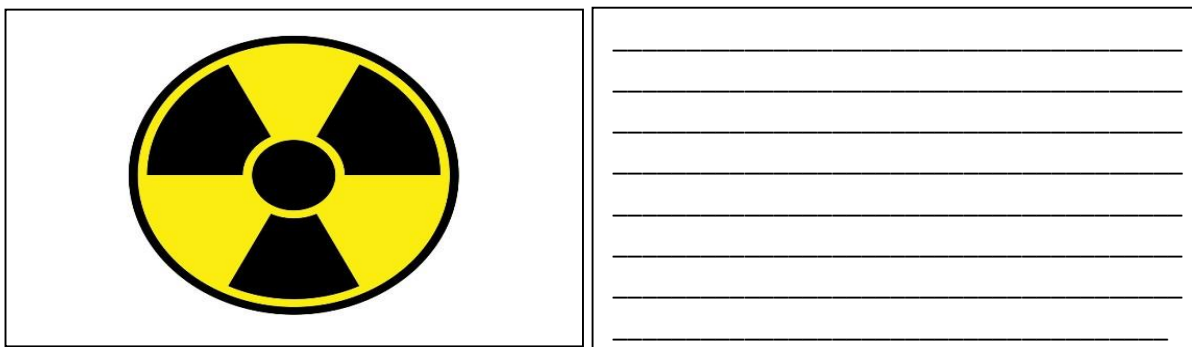


Figura 32: Imagem do símbolo utilizado para indicar radiação nuclear

Fonte: http://www.laifi.com/laifi.php?id_laifi=499&idC=4029



Figura 33: Imagem de uma sessão de radioterapia

Fonte: www.curasdocancer.com/perigos-da-radioterapia.htm

Situação-problema 3 - Radioatividade através da História

Esta situação teve como objetivos entender o que moveu Becquerel a realizar os seus experimentos com o urânio, discutir como se deram algumas descobertas científicas e perceber as dificuldades associadas ao trabalharmos com fenômenos no nível microscópico;

Questões- chave:

1. Podemos encontrar radiação na natureza? Dê exemplos:
2. Materiais radioativos podem ser produzidos pelo homem? Dê exemplos:

Após, os alunos resolveram as questões que foram elaboradas com o conteúdo de dois vídeos (“O experimento de Becquerel” e “Os Curie”). Nesta atividade os alunos também tiveram a opção de interromper o vídeo para discutir algum ponto que eles acharam interessante. No final dos vídeos, em duplas responderam questões.

Situação-problema 4 - Revelando os “super-heróis”

Os bombardeios de Hiroshima e de Nagasaki, em agosto de 1945, mostraram que, a partir daquele momento, era possível, nas palavras do filósofo alemão Günther Anders, “apagar o mundo como se apaga uma lâmpada”. Na década de 60 vivíamos a era pós segunda guerra e a luta das grandes potências pelo domínio da ciência dos armamentos nucleares,

com o objetivo de obter a supremacia tecnológica em caso de novas guerras. As imagens (figura 34) mostram fotos das revistas em quadrinhos na época de seu surgimento e na atualidade. Para Stan Lee e outros roteiristas das Histórias em Quadrinhos, “o átomo representa uma espécie de varinha mágica narrativa”, como observou Lainé, autor de quadrinhos. Na impossibilidade de compreender a ciência de seu tempo ou lidar com seus perigos, eles incorporaram o vocabulário dela.

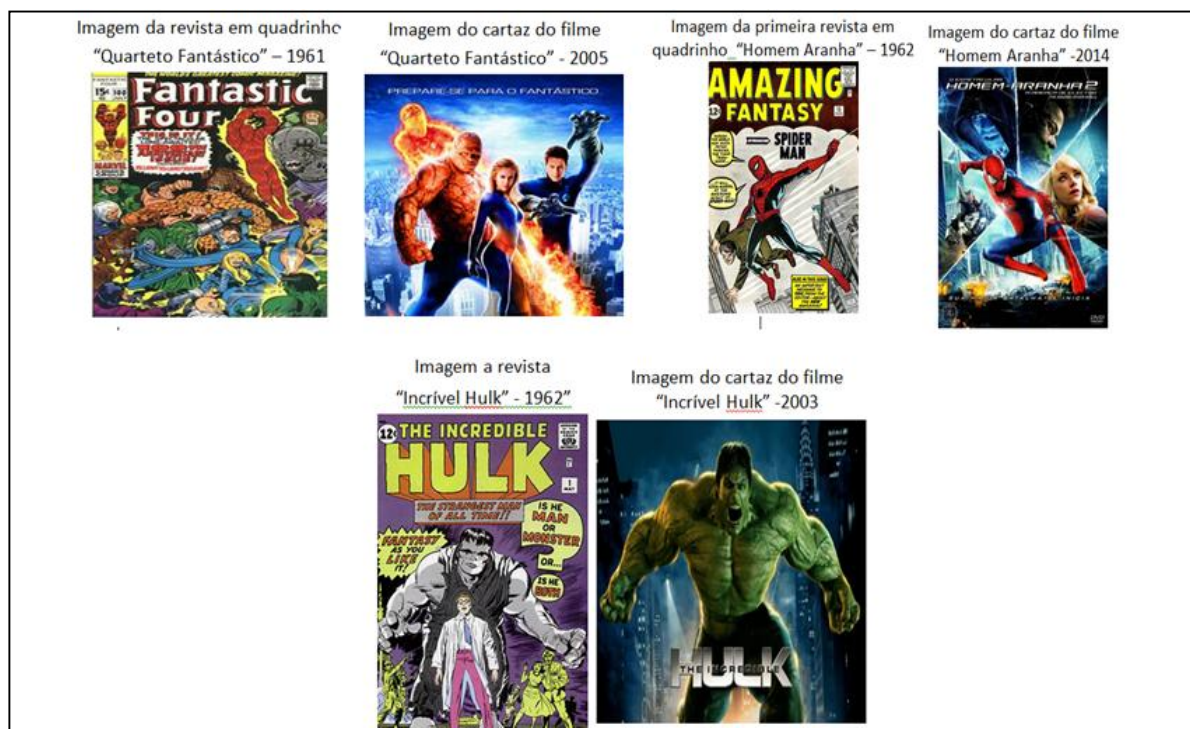


Figura 34: Imagens de revistas em quadrinhos com super-heróis

Fonte¹¹

I - Em desenhos e filmes, a radiação pôde transformar pessoas comuns em super-heróis. Pensando nas radiações a que eles foram submetidos, seria possível acontecer essas transformações? Explique e identifique as radiações envolvidas.

II – Outro super-herói que nos acompanha com seus poderes e suas habilidades é o *Superman*. Quando ele, com sua visão de raio-x, enxerga através das paredes, utiliza-se da mesma radiação que usamos para visualizar algum problema de saúde. Você acha que seria possível enxergarmos através deste tipo de radiação? Explique

¹¹ Fontes das imagens das revistas em quadrinhos, respectivamente: “quarteto fantástico 1961” - [http://www.hqbr.com.br/hq/Quarteto%20Fant%C3%A1stico%20V1%20\(1961\);](http://www.hqbr.com.br/hq/Quarteto%20Fant%C3%A1stico%20V1%20(1961);) “quarteto fantástico 2005” - <https://br.pinterest.com/explore/filme-quarteto-fant%C3%A1stico/>; “Homem aranha 1962 - <http://judao.com.br/10-de-agosto-de-1962-o-dia-em-que-uma-aranha-radioativa-mudou-historia-mundo/>; “Homem aranha 2014 - https://www.amazon.ca/Amazing-Spider-Man-Blu-ray-DVD-Bilingual/dp/B00JFIV264; “Incrível Hulk 1962 - http://criticahq.blogspot.com.br/2013/01/o-incrivel-hulk-1-1962-resenha.html; “Incrível Hulk 2003 - [https://www.euoposters.eu/posters/hulk-roar-v5594.](https://www.euoposters.eu/posters/hulk-roar-v5594;)

4º Passo: Apresentar os conceitos trabalhados nas situações acima, abordando aspectos específicos de cada atividade, levando-se em conta a diferenciação progressiva. Estes conceitos serão apresentados e discutidos no grande grupo durante a apresentação de slides.

Neste passo os conceitos foram apresentados a partir do espectro eletromagnético, revisando as radiações vistas até o momento e com o uso de simulações e vídeos curtos juntamente com a apresentação do *power point*.

5º Passo: Propor novas situações-problema com um maior nível de complexidade.

Nestas novas situações trabalhamos questões da física nuclear; foram introduzidos os conceito de meia-vida, das aplicações mais específicas das radiações e os perigos e as vantagens dos usos na sociedade foram retomados e discutidos com as turmas.

Questão-chave: No próximo ano o acidente radioativo com o Césio 137 estará fazendo 30 anos. Escreva o que você conhece sobre um dos maiores acidentes nucleares do mundo.

Situação-problema 1 – Introduzimos um documentário sobre o acidente com o Césio 137 e, após, os alunos em duplas responderam a um questionário sobre o documentário (apêndice K).

Situação-problema 2 - Nesta atividade trabalhamos um texto e uma simulação (https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/radioactive-dating-game) para que os alunos discutissem e entendessem como funciona o decaimento e a meia vida. O roteiro da aula está no apêndice.

6º Passo: Foi realizada uma aula expositiva com o objetivo de concluir a unidade, retomando os conteúdos e integrando as atividades desenvolvidas durante a UEPS, buscando a reconciliação integrativa.

Aula integradora final – Neste encontro os conteúdos da UEPS foram apresentados em data show numa aula expositiva dialogada, com o objetivo de rever os conceitos e relacioná-los, integrando os conceitos das três UEPS. Ao final, os alunos fizeram uma atividade em duplas (figura 35) denominada *recriando o espectro*¹² (apêndice L)

¹² Atividade desenvolvida com base na atividade presente no endereço eletrônico http://strawnwhascience.weebly.com/uploads/1/3/6/8/13684295/electromagnetic_spectrum.pdf

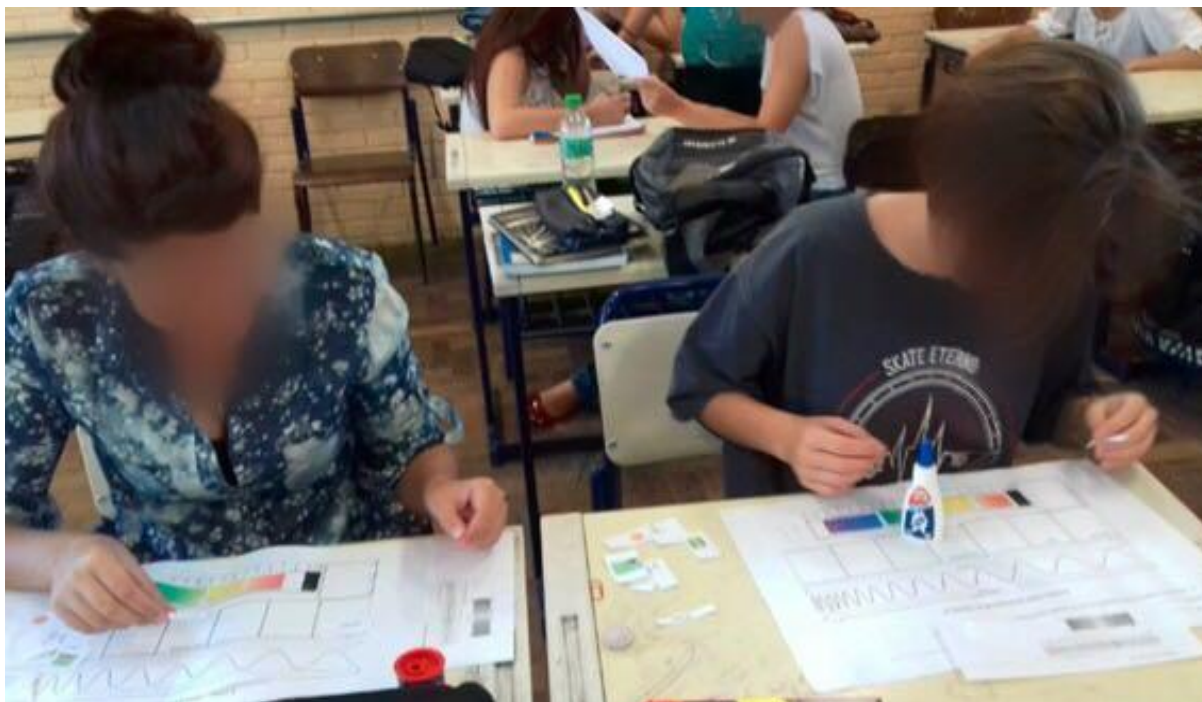


Figura 35: Atividade *recriando o espectro*

7º Passo: Foi proposta uma avaliação individual da aprendizagem

Avaliação Individual - Os alunos, individualmente, realizaram uma avaliação com questões abertas e fechadas com diferentes tipos de radiações.

8º Passo: Nesta atividade os estudantes elaboraram um mapa conceitual integrando todos os conceitos vistos até o momento, com o objetivo de verificar se ocorreu uma progressividade da aprendizagem e indícios de aprendizagem significativa.

Avaliação da aprendizagem da UEPS – A avaliação da UEPS foi através da análise qualitativa das atividades realizadas, juntamente com o mapa conceitual elaborado individualmente pelos alunos. Neste passo solicitamos que os alunos elaborassem um mapa conceitual integrando todos os conceitos vistos até o momento.

6.3 Resultados Estudo de Caso 2 – Abordagem das diferentes radiações através de UEPS

Nesta seção vamos analisar as situações desenvolvidas nas 3 UEPS, as quais tiveram como objetivo investigar os conhecimentos prévios dos estudantes, bem como verificar indícios de aprendizagem significativa constantes nos mapas construídos pelos estudantes e também verificar, a partir de algumas situações-problema implementadas, a possível evolução do domínio do campo conceitual de diferentes radiações a partir dos invariantes operatórios

emergidos nos esquemas utilizados pelos estudantes quando da resolução das diferentes situações propostas nas UEPS.

6.3.1 Análise dos mapas mentais e conceituais

Como detalhado acima, abordamos, na primeira UEPS, as radiações das micro-ondas e das ondas de rádio; na segunda UEPS, abordamos as radiações da luz visível, do infravermelho, a radiação do corpo negro e a ultravioleta; na terceira UEPS trabalhamos as radiações gama, beta, alfa e os raios-X. Esta terceira UEPS envolveu conceitos sobre a radioatividade e a Radiação Nuclear.

É sabido que o estudo das radiações é muito complexo. Por este motivo, ao abordarmos estes conceitos, o fizemos com pouco enfoque matemático. Nosso objetivo foi nos aproximarmos da realidade dos sujeitos da pesquisa e verificar as possíveis transformações em suas representações emergidas no estudo de caso 1, além de possibilitar a inserção de conceitos da FMC presentes no cotidiano dos estudantes. Buscamos, também, evidenciar a presença destes conceitos científicos nas suas representações, seja por informações obtidas nas mídias ou compartilhadas na escola.

Com vistas a complementar a investigação feita no estudo de caso 1, realizamos uma atividade com mapas mentais buscando verificar os possíveis elementos de representações sociais presentes nos sujeitos da pesquisa, para então definirmos os conteúdos que seriam abordados nas UEPS. Esta atividade fez parte da *situação inicial* da primeira UEPS, e consistiu na elaboração individual de mapas mentais e textos explicativos a partir do termo Radiação. Serviu para verificarmos os conhecimentos prévios e as representações que os estudantes tinham, inicialmente, sobre Radiação. Importante frisar que esta situação foi implementada um ano após o estudo exploratório do estudo de caso 1, realizado em duas turmas do terceiro ano do ensino médio, com um total de 41 sujeitos.

Entendemos que o levantamento a partir dos instrumentos acima citados – mapas mentais e textos explicativos – é fundamental para o planejamento de uma sequência didática numa perspectiva construtivista.

Para atender as etapas da pesquisa, os mapas e os textos foram analisados utilizando-se a metodologia da análise categorial que, conforme Bardin (2011), consiste no desdobramento do texto em categorias agrupadas analogicamente. Da análise dos mapas mentais e dos textos produzidos emergiram 13 categorias iniciais, caracterizando as representações acerca do tema Radiação.

As categorias iniciais, que se configuram como as primeiras representações acerca do tema Radiação, resultaram do processo de codificação das palavras relacionadas nos mapas mentais dos estudantes.

Na tabela 1 apresentamos as categorias iniciais e algumas palavras que as representam, bem como suas frequências nos mapas. Ressaltamos que um mesmo mapa pode conter palavras que se enquadrem em categorias iniciais diferentes. As categorias iniciais relacionadas levaram em conta a frequência de respostas semelhantes, identificadas nos mapas mentais e nas explicações dos textos, emergiram de um total de 458 palavras evocadas nos mapas mentais a partir do termo Radiação e foram agrupadas analogicamente.

Tabela 1: Categorias iniciais e exemplos elaborados pelos autores

Categorias Iniciais	Palavras evocadas	Frequência das palavras
1. Eletrodomésticos	Micro-ondas , secador...	27
2. Lixo tóxico	Pilhas, bateria celular ...	40
3. Radioatividade	Chernobyl, usina nuclear ...	38
4. Natureza	Sol , camada de ozônio...	60
5. Medicina	Raios - X , hospital...	46
6. Eletrônicos/tecnologia	Televisão, celular ...	82
7. Doenças	Tumores, mutação...	32
8. Saber Científico	Física, onda eletromagnética...	13
9. Guerra	Bomba atômica , 2ª guerra mundial...	29
10. Eletricidade	Iluminação, lâmpada , luz ...	45
11. Elementos Químicos	Plutônio, chumbo...	32
12. Energia	Energia, combustível...	12
13. Ficção	Homem aranha, Hulk...	12

Fonte: Elaborada pela autora

Observamos que após um ano da primeira investigação os alunos apresentaram, nos mapas e nos textos, os mesmos elementos sociocognitivos presentes no quadro de quatro casas em grande parte das palavras evocadas nos mapas (palavras em *negrito* na tabela 1).

Ficou demonstrado pelos mapas que um grande número de estudantes acredita que a Radiação está presente no nosso cotidiano. Também verificamos várias relações e palavras que indicam representações ligadas a termos que trazem malefícios às pessoas.

Esta concepção de que a Radiação é algo maléfico e prejudicial ao ser humano está evidenciada em diversos trabalhos sobre o estudo de radiações, conforme observamos no capítulo da revisão da literatura. São concepções presentes no senso comum de grande parte

das pessoas, muitas vezes formadas pelos meios de comunicação ao relacionarem o tema Radiação a problemas de saúde, como o câncer de pele que pode ser causado pela exposição ao sol, aos efeitos maléficos da radiação nuclear causados pelos acidentes e pelas guerras, entre outros.

Outro resultado que vem ao encontro dos emergidos dos mapas mentais foi observado quando da análise dos primeiros dados apurados nesta pesquisa, apresentados em 2015 no Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – ENPEC (anexo 2). Nesse encontro exibimos os resultados das representações sociais emergidas a partir das respostas da questão aberta “*Para mim Radiação está relacionada com ...*” aplicadas em turmas de primeira e segunda séries do ensino médio. A análise destas respostas, dentro da classificação então sugerida, evidenciou subcategorias mais ligadas ao senso comum, como as relacionadas a malefícios à saúde, bomba atômica, contaminação e tecnologia, temas estes recorrentes nos meios de comunicação. Verificamos que alguns elementos como *raios-X, bomba atômica, sol, luz, celular*, foram apresentados pelos estudantes para responder a questão aberta. Estes mesmos elementos também estão presentes nos mapas mentais, nos textos explicativos e no teste de evocação, demonstrando que são possíveis elementos de centralidade. Muitas das respostas foram partilhadas e induzidas por conhecimentos pertencentes ao universo reificado, transformados em uma versão acessível ao seu cotidiano. A análise dos dados deste primeiro trabalho revelou, também, que a maioria dos sujeitos da pesquisa apresentou possíveis representações sociais inseridas no universo consensual, mesmo considerando o pouco conhecimento dos alunos acerca do tema. Assim, pode-se afirmar que pelos primeiros instrumentos com os quais buscamos as possíveis representações, pudemos perceber que, ao pensar em Radiação, os estudantes partilham representações construídas e influenciadas pela mídia, quando sugerem a Radiação prejudicial às pessoas, como causa de doenças, mortes e destruições.

Outras pesquisas que analisaram as concepções dos estudantes acerca do tema Radiação também obtiveram resultados semelhantes, conforme apurado na revisão de literatura realizada. Como exemplo citamos o trabalho de Vilela (2015), que questionou o que os estudantes pensavam quando ouviam falar em radiação. Dos vinte e oito estudantes que responderam a questão, dezesseis respostas (57%) estavam, de alguma forma, relacionadas aos efeitos maléficos que a radiação pode causar aos seres vivos e foram agrupados nas subcategorias prejudicial à saúde, perigoso e contaminação. Também no artigo “Concepções dos estudantes sobre radiações”, Capelletto, Prestes e Santos (2008) descrevem uma investigação piloto que busca os conceitos que 25 estudantes de Ensino Médio têm sobre radiações, através de um

questionário com 15 perguntas dissertativas. As respostas mostraram que os alunos têm noções vagas e desarticuladas sobre radiações; a maioria acredita que o uso da radiação pode prejudicar o meio ambiente e também tem conhecimento de aplicações das radiações, em especial as médicas e as bélicas. Seu uso na eletrônica, na indústria e na geração de energia é menos citado. A maioria dos respondentes considera a irradiação em alimentos perigosa. Num estudo recente, Plotz (2017) faz uma revisão de periódicos internacionais revisados por pares em inglês e alemão com o foco nas concepções de Radiação deste 1980, com o objetivo de dar uma visão geral destas concepções. A maioria dos trabalhos tratou das concepções que envolvem a radiação nuclear. Num panorama geral, na maioria dos trabalhos os estudantes associaram suas concepções para diferentes radiações como prejudiciais e que devemos tomar precauções com algumas radiações, pois são perigosas. O estudo demonstrou que os estudantes têm pouco conhecimento sobre o assunto, evidenciando a necessidade de uma maior atenção aos tópicos de radiação.

A seguir passamos a uma breve análise de alguns dos mapas dos 41 sujeitos participantes da implementação das UEPS. Apresentamos exemplos de como as categorias emergiram através dos mapas (figuras 36, 37, 38 e 39) e trechos extraídos dos textos produzidos pelos estudantes para explicar o mapa mental.

Aluno T31A7- “nós usamos muito radiação no nosso dia a dia, utilizamos de várias formas, ...lâmpada é um exemplo....fogão...”; Aluno T32A35- “... a bomba atômica destrói tudo em um grande raio de distância com radiação”o sol manda milhões de raios ultravioleta que ficam um pouco na camada da terra e muita radiação chega até nós...” Aluno T32A6- “*Aparelhos eletrônicos emitem radiação para o que está ao seu redor...*”; Aluno T32A37- “*A radiação está relacionada com características presentes no nosso cotidiano.....*” Aluno T31A19 – “*...o sol é outro elemento da natureza que possui muita radiação...*”; Aluno T32A36 – “*...precisamos de radiação para ter energia...através de tomadas utilizamos aparelhos eletrônicos...*”; Aluno T31A11 – “*ondas radioativas que são altamente tóxicas e podem causar doenças sérias e até a morte*”

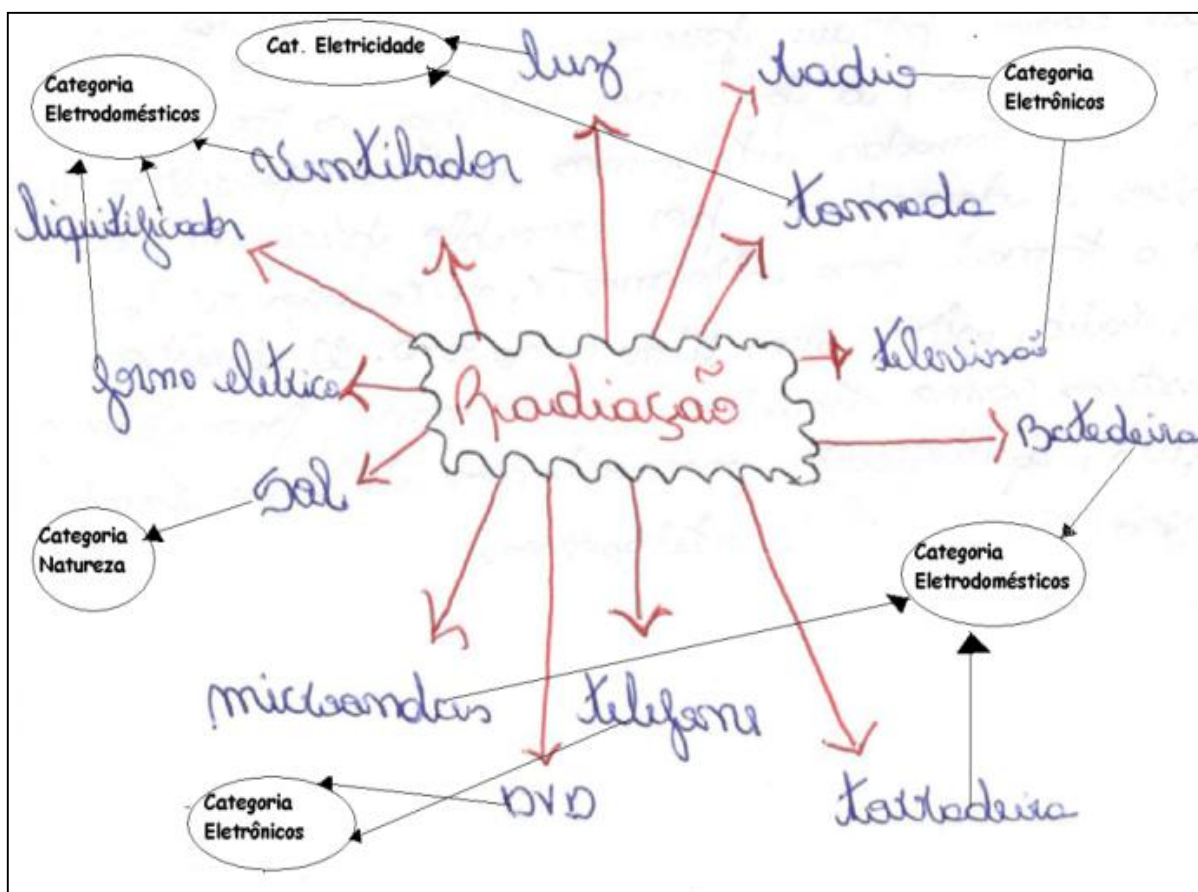


Figura 36 – Mapa mental do aluno T32A36

No mapa mental da figura 36, os diferentes elementos evocados pelo aluno têm uma forte relação com as categorias ligadas ao funcionamento de tecnologias e eletrodomésticos a partir da eletricidade. Pelo texto também verificamos que, para este aluno, o termo radiação está ligado diretamente à funcionalidade, à prática vivenciada no seu cotidiano.

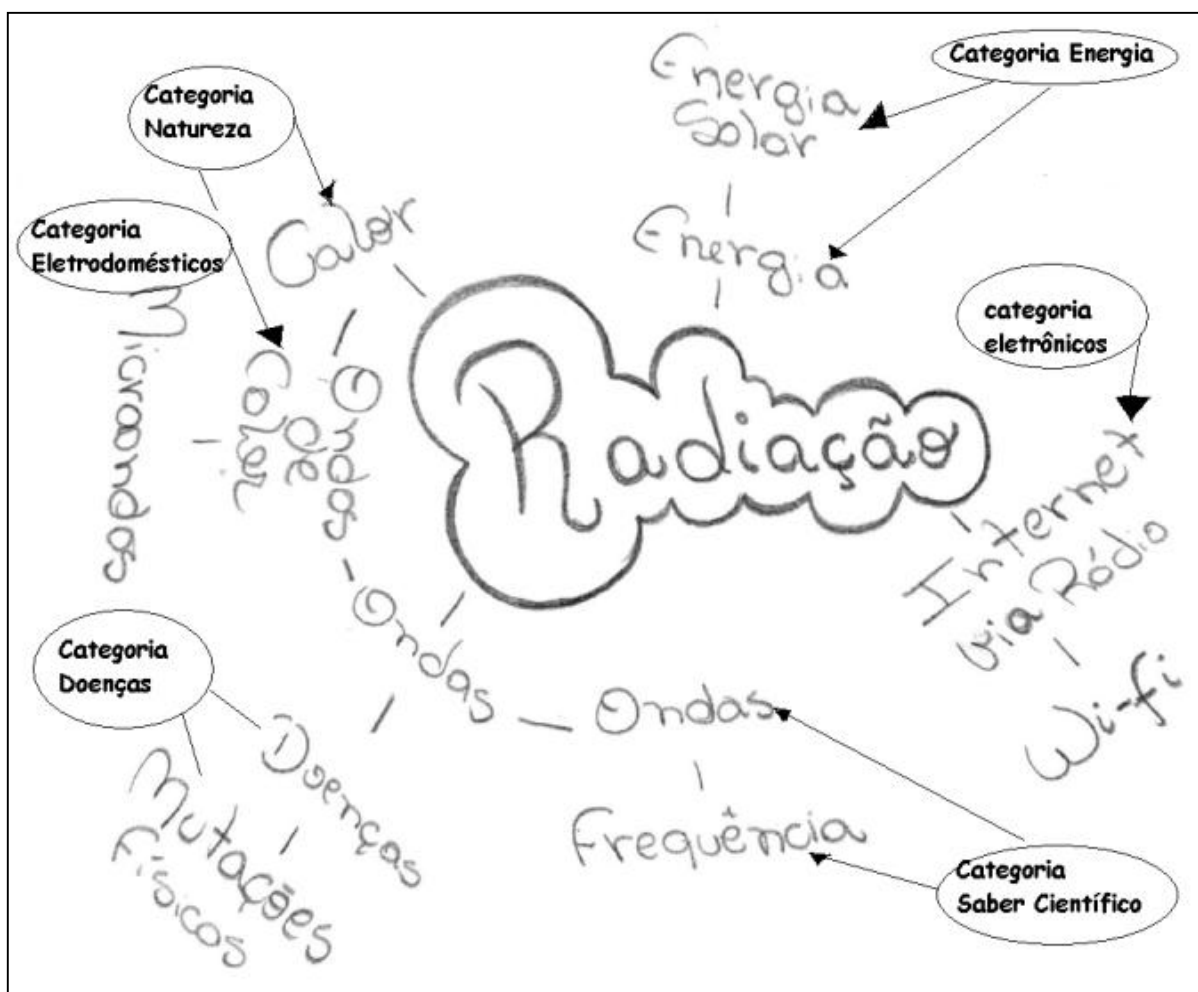


Figura 37 – Mapa mental do aluno T31A11

Na figura 37 vemos o mapa mental do aluno T31A11. Neste mapa as ideias relacionadas à Radiação apresentam alguns conhecimentos pertencentes ao universo reificado, demonstrando uma aprendizagem de conceitos abordados nas aulas de ondulatória. Apresentam, também, associações com energia e calor, conteúdos estes vistos em aulas de Física no segundo ano (calorimetria). O aluno apresenta elementos evocados fortemente ligados aos conhecimentos científicos apreendidos no ano anterior.

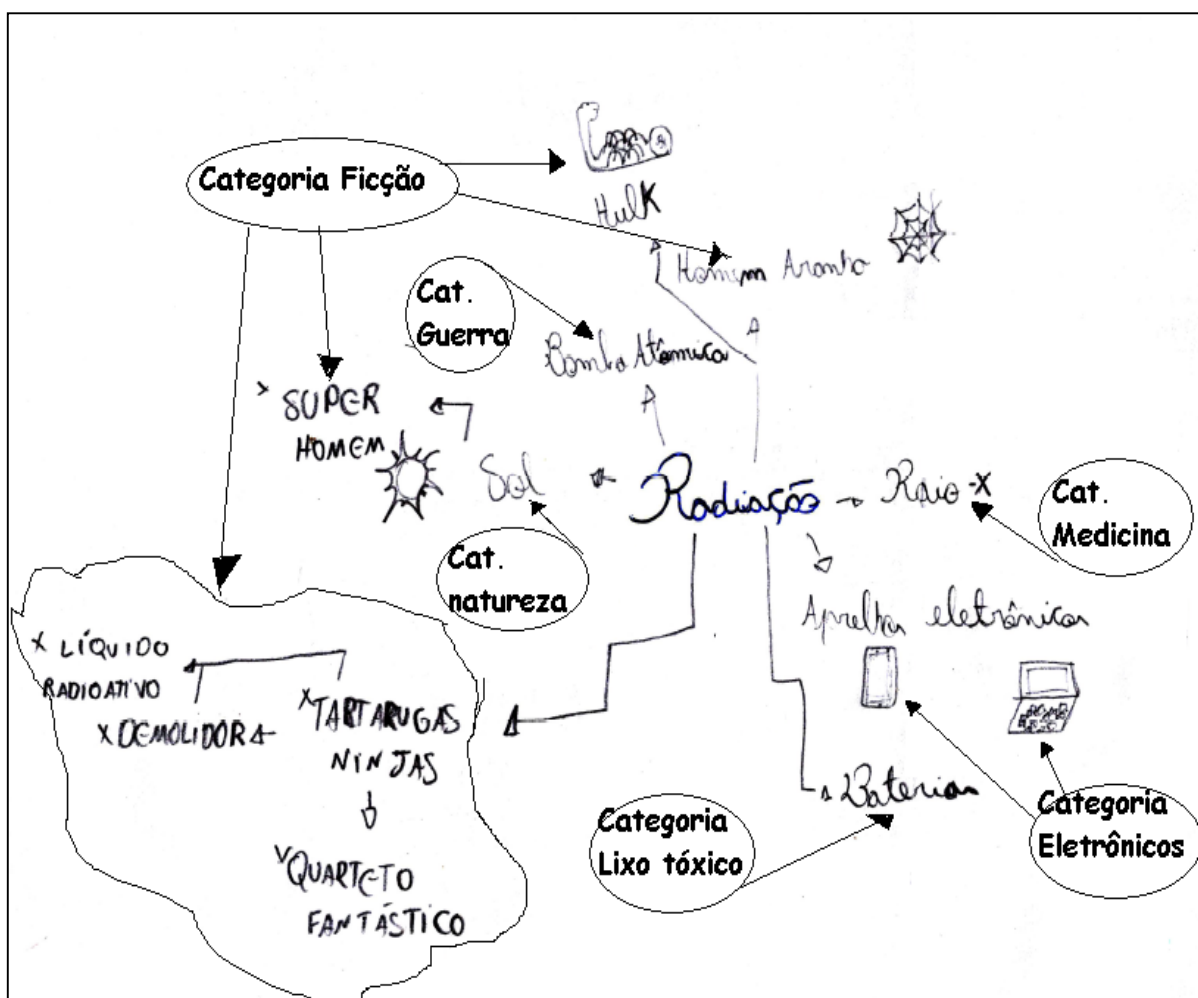


Figura 38 – Mapa mental do aluno T32A35

O mapa mental elaborado pelo aluno T32A35 (figura 38) contempla diferentes categorias. Porém, estas categorias apresentam uma forte ligação com ideias relacionadas ao senso comum, como bomba atômica e sol, relacionadas pelo estudante como prejudiciais, pois causam destruição e doenças e a categoria ficção que se contrapõe aos malefícios, pois o contato com a Radiação faz surgirem superpoderes – T32A35 “Homem aranha foi picado por uma aranha radioativa e ganhou poderes”.

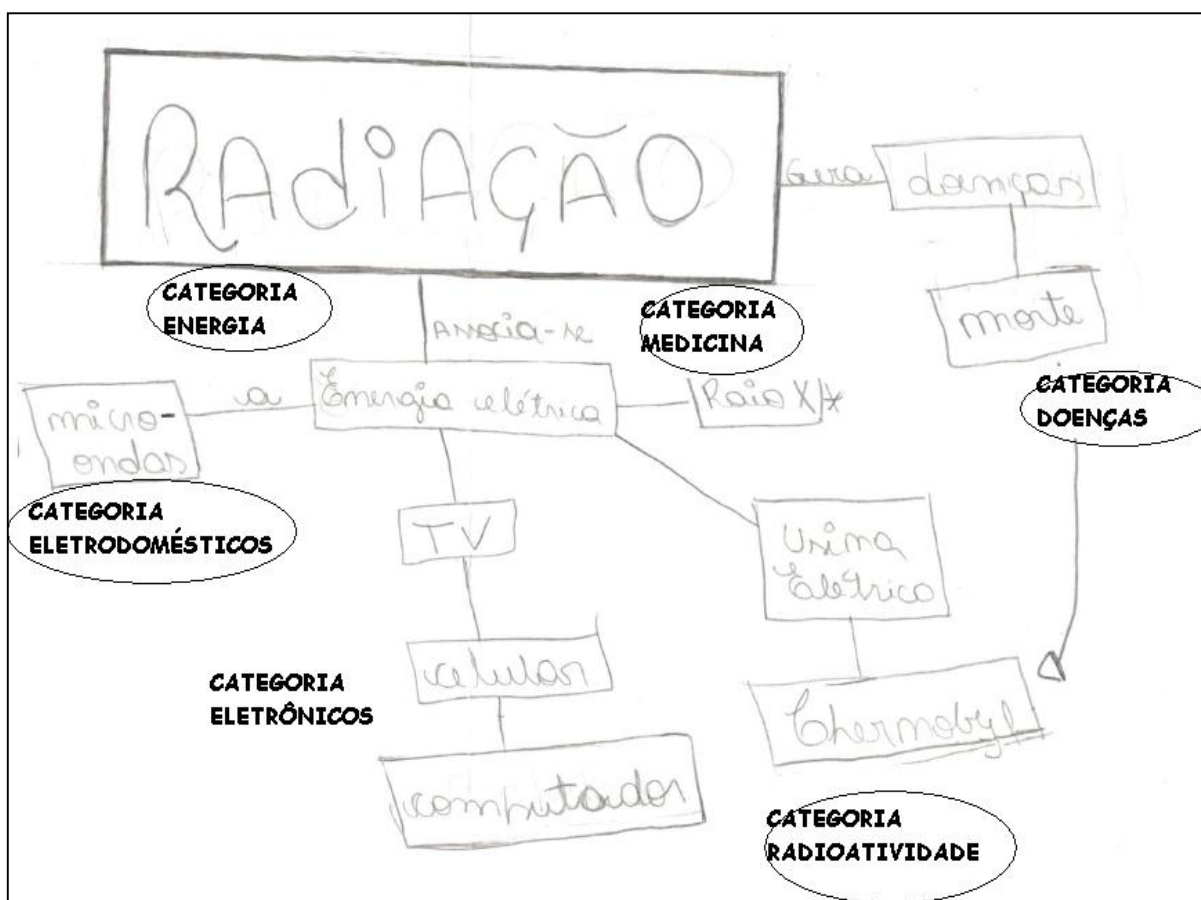


Figura 39– Mapa mental do aluno T31A6

Já o mapa mental elaborado pelo aluno T31A6 (figura 39) apresenta poucos elementos evocados, distribuídos em seis categorias, mas que estão relacionados entre si, como os elementos das categorias radioatividade e doenças e os elementos das categorias energia, eletrodomésticos e eletrônicos. Isto demonstra que as representações estão ligadas ao senso comum e a uma utilização prática de itens, como os que necessitam eletricidade para o seu funcionamento, como por exemplo: T31A6 - “a energia elétrica envolve objetos que geram radiação...” T31A2 – “...radiação elétrica quando é provocada pelo homem para benefícios. Isso induz energia que vem da tomada e está presente no computador e celular”.

Com vistas a refinar a análise das representações, o agrupamento progressivo das categorias iniciais resultou na elaboração de categorias intermediárias e a partir das categorias iniciais e intermediárias definiram-se as categorias finais, conforme a síntese apresentada na tabela 2.

Tabela 2: Síntese da progressão das categorias

Iniciais	Intermediárias (Relaciona o termo Radiação com/como...)	Finais (% de respostas)
Eletrodomésticos	...o funcionamento a partir da Eletricidade.	Universo Consensual (71,39% das representações)
Eletrônicos/tecnologia		
Eletricidade		
Lixo tóxico	...os riscos e efeitos produzidos a partir dos elementos químicos.	
Elementos químicos		
Radioatividade	...seus efeitos maléficos.	
Doenças		
Guerras		
Ficção	... como elemento desencadeantes de super poderes.	
Natureza	... as diferentes fontes de energia.	Universo Reificado (28,61% das representações)
Tipos de Energia		
Medicina	... as radiações com a Ciência e com o conhecimento científico.	
Saber Científico		

Fonte: elaborado pela autora

A parte final da análise dos conhecimentos prévios presentes nas representações, emergidas a partir dos mapas mentais e dos textos elaborados pelos estudantes, foi sistematizada em duas categorias ancoradas no referencial da Teoria das Representações Sociais, denominadas, como já referido, Universo Consensual e Universo Reificado. Destas categorias e das análises do conhecimento prévio e das possíveis representações sociais emergidas dos instrumentos, elaboramos as UEPS.

Não houve a preocupação com as relações conceituais entre as diferentes radiações quando da análise dos mapas mentais acima, pois nesse momento estávamos analisando as representações e os conhecimentos prévios, bem como fazendo um levantamento inicial para a criação das situações das UEPS.

Com a implementação da primeira UEPS observamos, a partir da análise das situações desenvolvidas, algumas modificações e evoluções nas representações destes alunos e indícios de aprendizagem significativa presentes no mapa conceitual elaborado na situação inicial da segunda UEPS. Salientamos que foi realizado, antes da atividade com o *Mapa A*, um seminário com os alunos das diferentes turmas com explicações e modelos de como construir um mapa conceitual com o programa *Cmap Tools*, programa este instalado nos computadores da escola, o que facilitou a utilização desta estratégia.

Para a análise dos mapas conceituais desenvolvidos na segunda e na terceira UEPS, que tiveram como objetivos verificar modificações nas representações e possíveis indícios de aprendizagem significativa, utilizamos os critérios elaborados na dissertação de Calheiro (2014), tendo como referência e ancoragem a Teoria da Aprendizagem Significativa. As categorias e os critérios de análise estão descritos nos quadros 10 e 11. Nesta análise utilizamos apenas a parte em negrito do significado das categorias descritas no quadro 10.

Categoria A	Mapas onde fica evidente que o aluno não possui subsunçores relevantes sobre o tema de estudo (quando utilizado como instrumento para averiguar o conhecimento prévio, no caso dos mapas iniciais). <i>Ou mapas que apresentam poucas relações entre os conceitos e apresenta ausência de aprendizagem significativa (quando o mapa foi elaborado pelo aluno após atividades de ensino).</i> (Categoria modificada)
Categoria B	Mapas com poucos subsunçores relevantes (mapas iniciais) ou <i>com poucos indícios de aprendizagem significativa (mapas finais).</i>
Categoria C	Mapas com subsunçores relevantes (mapas iniciais) ou <i>com indícios satisfatórios de aprendizagem significativa (mapas finais).</i>

Quadro 10. Categorias elaboradas com base nos critérios elencados no quadro 3 e ancorados pela aprendizagem significativa. Fonte: (Calheiro, 2014)

Categorias/ Critérios	Proposições/ ligações erradas	Proposições/ ligações válidas	Conceitos errôneos	Relações hierárquicas	Conceitos cruzados válidos e significativos
Categoria A	Sim	Não	Sim	Em parte	Não
Categoria B	Não	Em parte	Em parte	Em parte	Sim
Categoria C	Não	Sim	Não	Sim	Sim
Categorias/ Critérios	Conceitos cruzados e não significativos	Integração entre conceitos abordados na UEPS	Diferenciação progressiva	Reconciliação integrativa	Exemplos válidos
Categoria A	Sim	Não	Não	Não	Não
Categoria B	Em parte	Em parte	Sim	Não	Em parte
Categoria C	Não	Sim	Sim	Sim	Sim

Quadro 11. Critérios utilizados para categorizar os mapas. Fonte: (Calheiro, 2014)

De acordo com a análise dos mapas conceituais da segunda UEPS (denominados aqui de **MAPA A**), pudemos observar um avanço na aprendizagem das radiações, visto que dos quarenta e um estudantes que participaram da atividade, dez foram classificados na categoria C, vinte e um na categoria B e dez na categoria A. Este fato demonstra uma evolução na aprendizagem decorrente da implementação da primeira UEPS, conforme evidenciado pelos mapas conceituais das figuras 40, 42, 43 e 44, que representam os mesmos alunos dos mapas mentais das figuras 36, 37, 38 e 39; abaixo, alguns exemplos dos mapas elaborados pelos estudantes citados.

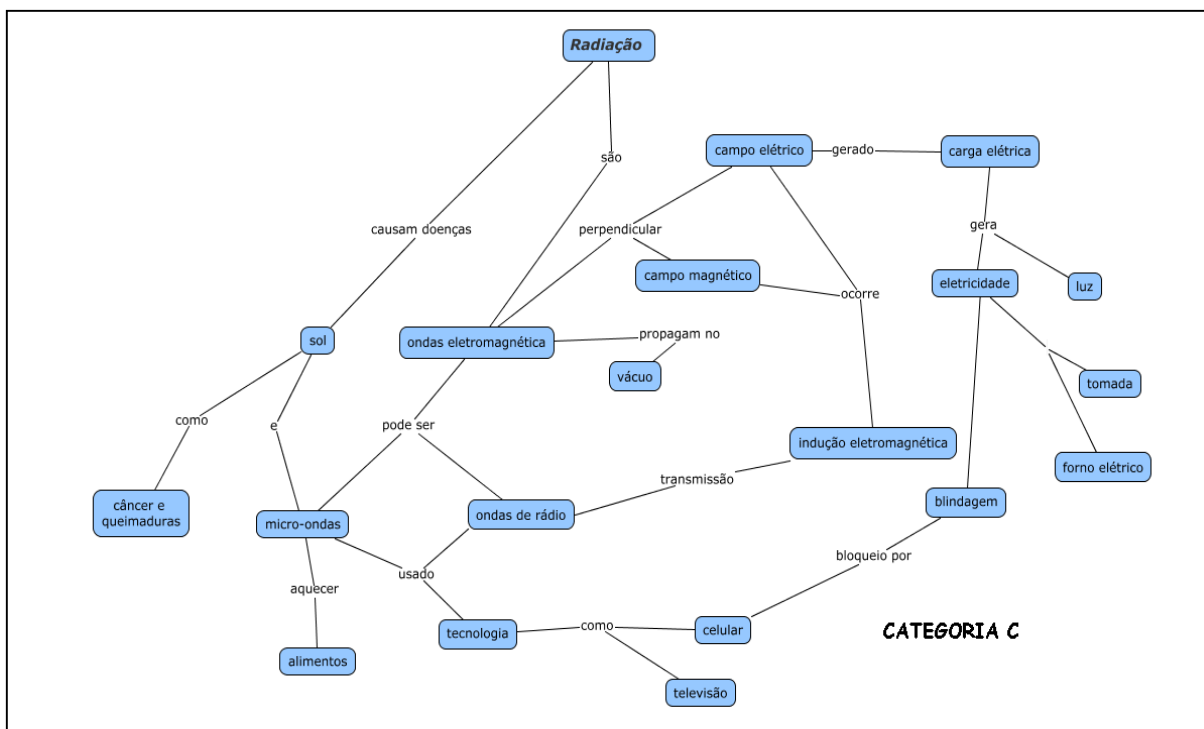


Figura 40 – Mapa conceitual do aluno T32 A36

O mapa representado na figura 40 corresponde ao mapa mental da figura 36, e demonstra um grande avanço conceitual nas relações atribuídas pelo estudante ao termo Radiação. Este mapa foi enquadrado na categoria C, pois apresenta várias relações corretas. O aluno demonstra, em algumas das proposições, diferenciação progressiva e reconciliação integradora, como evidenciado na figura 41, apresentando indícios satisfatórios de aprendizagem. Para Novak e Gowin (1999), quando o estudante apresenta um mapa com hierarquias válidas, significa que há diferenciação progressiva e reconciliação integradora. O aluno fez várias relações com os conceitos clássicos, como ondas de rádio e indução eletromagnética, o que demonstrou uma evolução dos conhecimentos de Radiação apresentados no mapa mental.

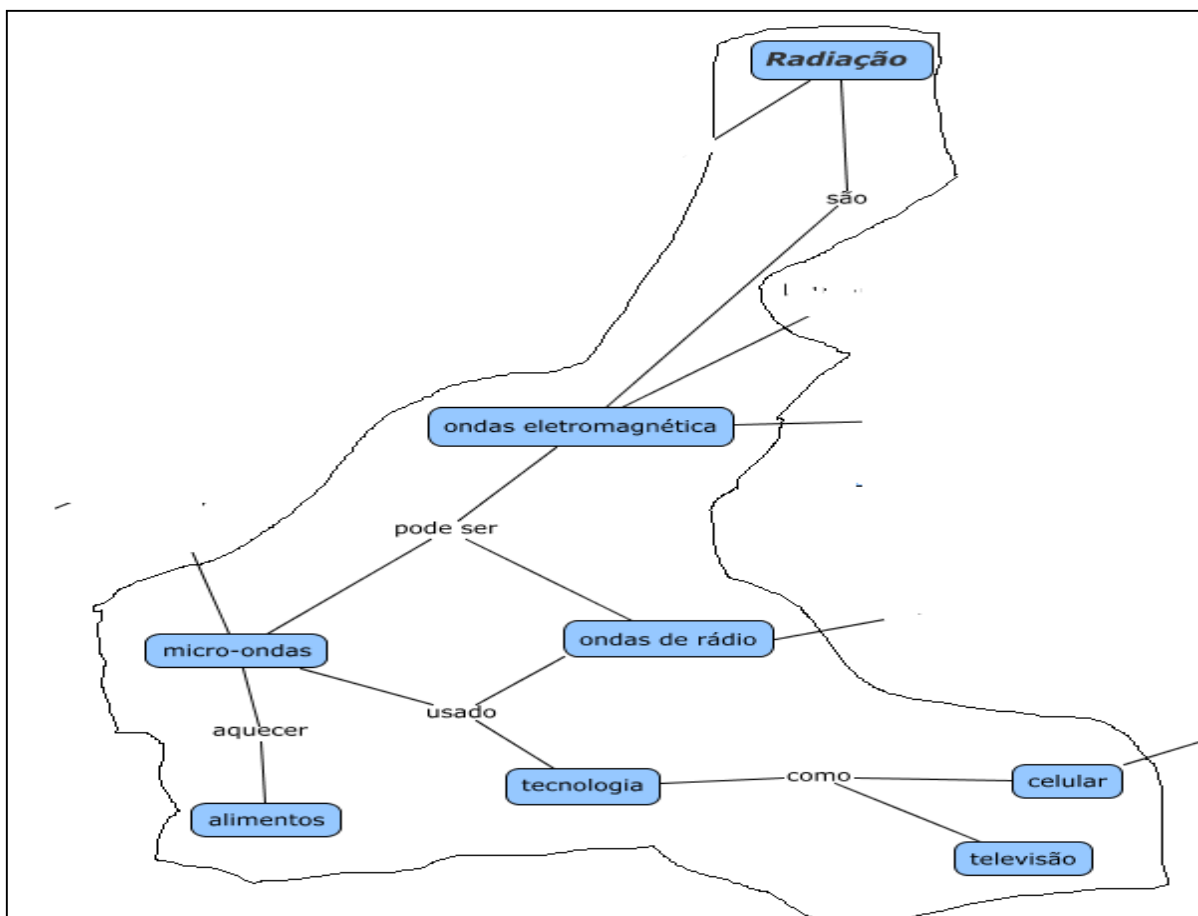


Figura 41 - Recorte do mapa do aluno T32A36 - ramo demonstrando diferenciação progressiva e reconciliação integradora.

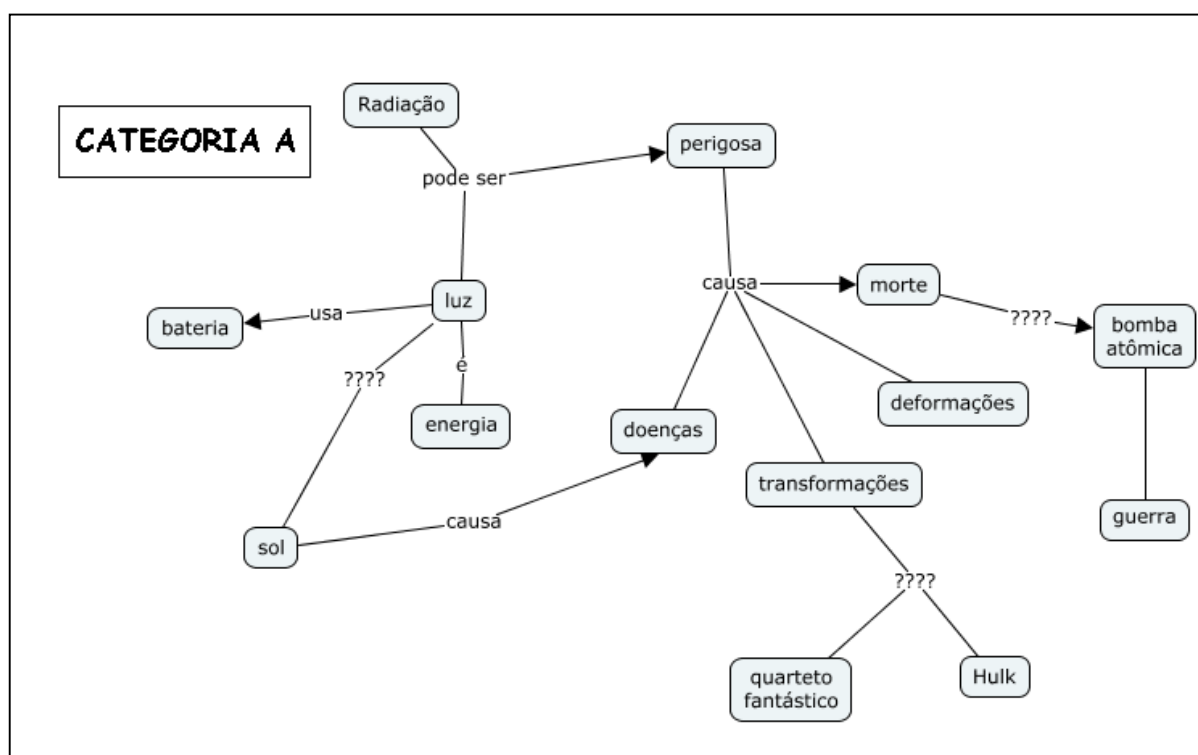


Figura 42 – Mapa conceitual do aluno T32A35

O mapa da figura 42 é um dos exemplos da categoria A, pois o aluno não demonstrou nenhuma evolução nos conceitos de Radiação apresentados na primeira UEPS, mantendo as mesmas representações e os mesmos conhecimentos explicitados no mapa mental da figura 38.

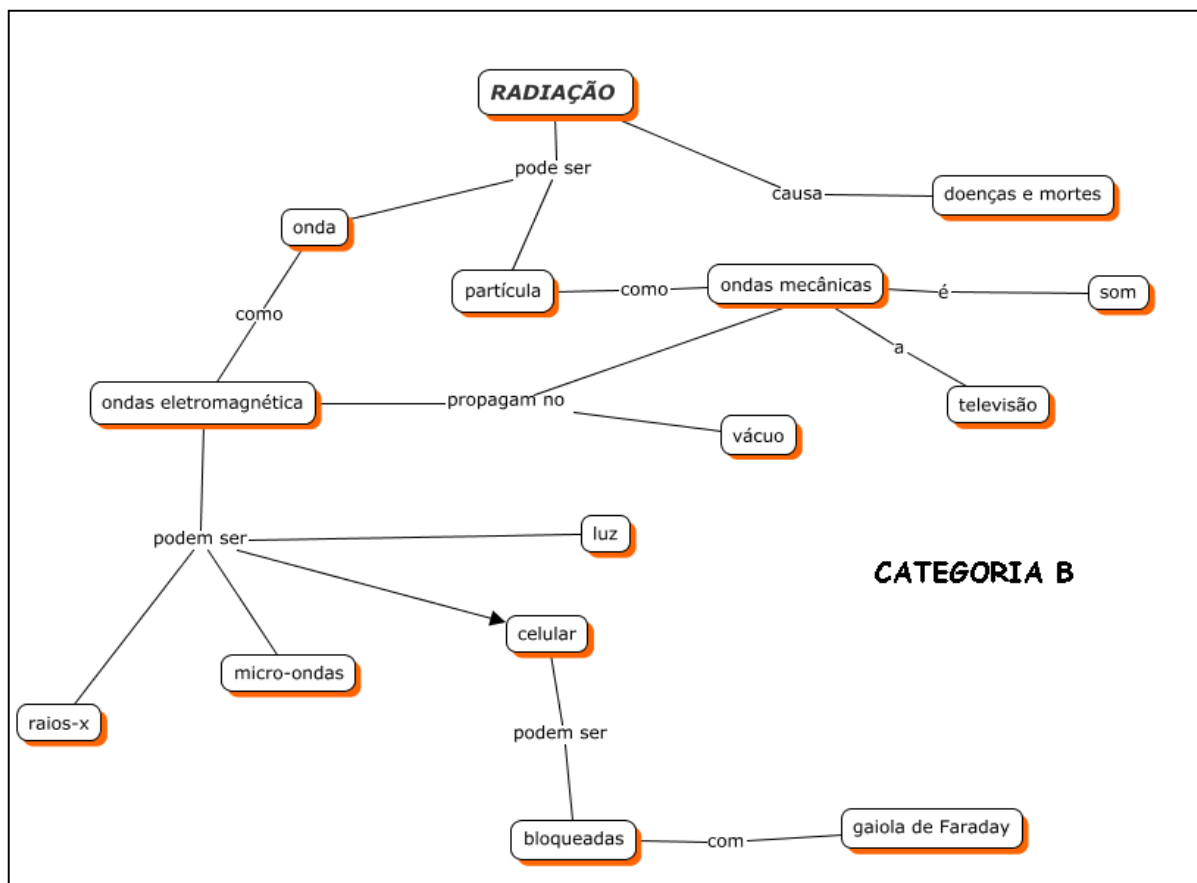


Figura 43 – Mapa conceitual do aluno T31A6

O mapa conceitual apresentado na figura 43 apresenta alguns conceitos abordados em aula, como ondas eletromagnéticas, partícula, micro-ondas e gaiola de Faraday, demonstrando um avanço nos elementos evocados. Porém, algumas ligações entre as proposições apresentam conceitos errôneos, como partícula como onda mecânica e que estas se propagam no vácuo. O exemplo de televisão associada à onda mecânica, que no mapa não está especificado se seria o som da televisão, a imagem ou a forma de transmissão, também apresenta incorreção. Assim, este mapa foi classificado junto aos mapas da categoria B, apresentando poucos indícios de aprendizagem significativa.

Por sua vez o mapa da figura 44, que faz parte da categoria C correspondente ao aluno T31A11, apresentou vários indícios de aprendizagem significativa. O aluno já demonstrava, no mapa mental, ter assimilado alguns conceitos científicos relacionados a radiação. No mapa conceitual elaborado depois da implementação das atividades da primeira UEPS, ficou

evidenciada uma evolução nos conceitos abordados e uma relação hierárquica presente em vários ramos.

O aluno apresentou no mapa tópicos de radiação e relaciona-os com conceitos clássicos do eletromagnetismo. Também apresenta relações cruzadas válidas presentes em alguns dos ramos, como a relação entre as frequências e os comprimentos de ondas de rádio, demonstrando, a partir destas relações, que o aluno compreende e domina os conceitos apresentados.

Para Novak e Cañas (2010), as ligações cruzadas auxiliam na percepção do modo como um conceito, em um domínio de conhecimento representado no mapa, se relaciona com outro conceito de domínio diferente.

Por meio das diferentes relações entre os conhecimentos prévios e os novos, pudemos perceber que o mapa sinaliza a ocorrências de diferenciação progressiva. A diferenciação progressiva de um conceito já conhecido ocorre por meio do estabelecimento de relações entre esse conceito e outros conceitos novos ou já conhecidos (Ausubel Novak e Hanesian, 1980).

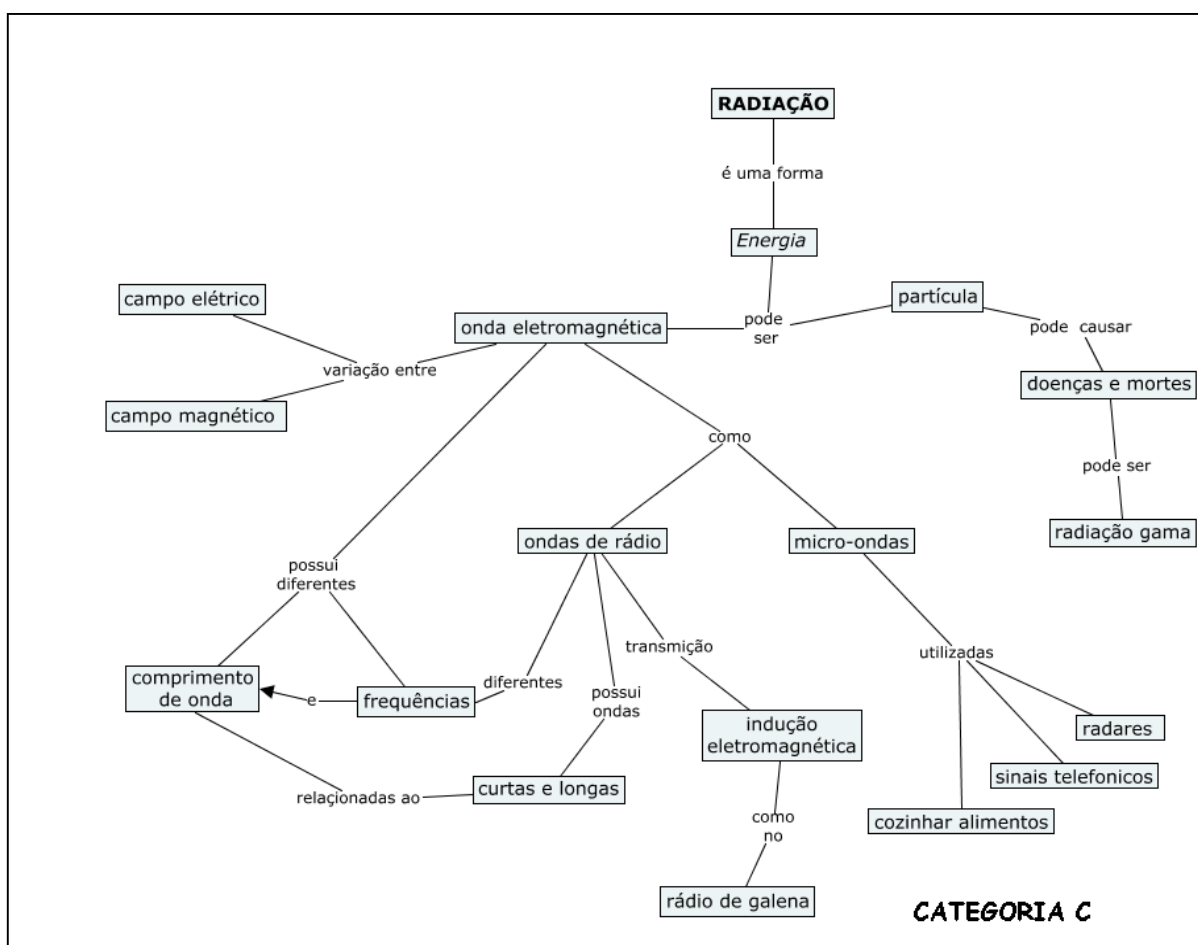


Figura 44: Mapa conceitual do aluno T31A11

Da análise dos mapas conceituais desenvolvidos ao final da terceira UEPS (denominados de **MAPA B**) pudemos observar um avanço significativo na aprendizagem das diferentes radiações, visto que dos quarenta e um estudantes que participaram da atividade dezoito foram classificados na categoria C, dezenove na categoria B e quatro na categoria A, indicando fortes indícios de aprendizagem significativa.

Também observamos um avanço nos elementos de representação da Radiação presentes nos mapas conceituais finais, com muitas relações que permitiram concluir que os estudantes conseguiram apropriar-se de conceitos científicos estudados durante a implementação da UEPS, mesclando esses conceitos com aqueles que também estavam presentes nos conhecimentos prévios verificados pelos mapas mentais. Observamos um crescimento conceitual em várias relações estabelecidas nos mapas. Percebemos que os estudantes evoluíram várias relações conceituais, conseguindo relacionar diferentes radiações com a Física Clássica e com situações cotidianas. Nota-se também que em alguns mapas os alunos não abandonam a ideia da Radiação como algo maléfico, evidenciando uma representação do senso comum presente no núcleo central e discutido nos resultados do estudo de caso 1.

Com a construção do mapa final ficou evidenciada uma evolução na aprendizagem decorrente da implementação de diferentes situações desenvolvidas nas três UEPS, conforme verifica-se nos exemplos das figuras 45, 46, 47 e 48, que representam os mesmos alunos dos mapas mentais e conceituais anteriores.

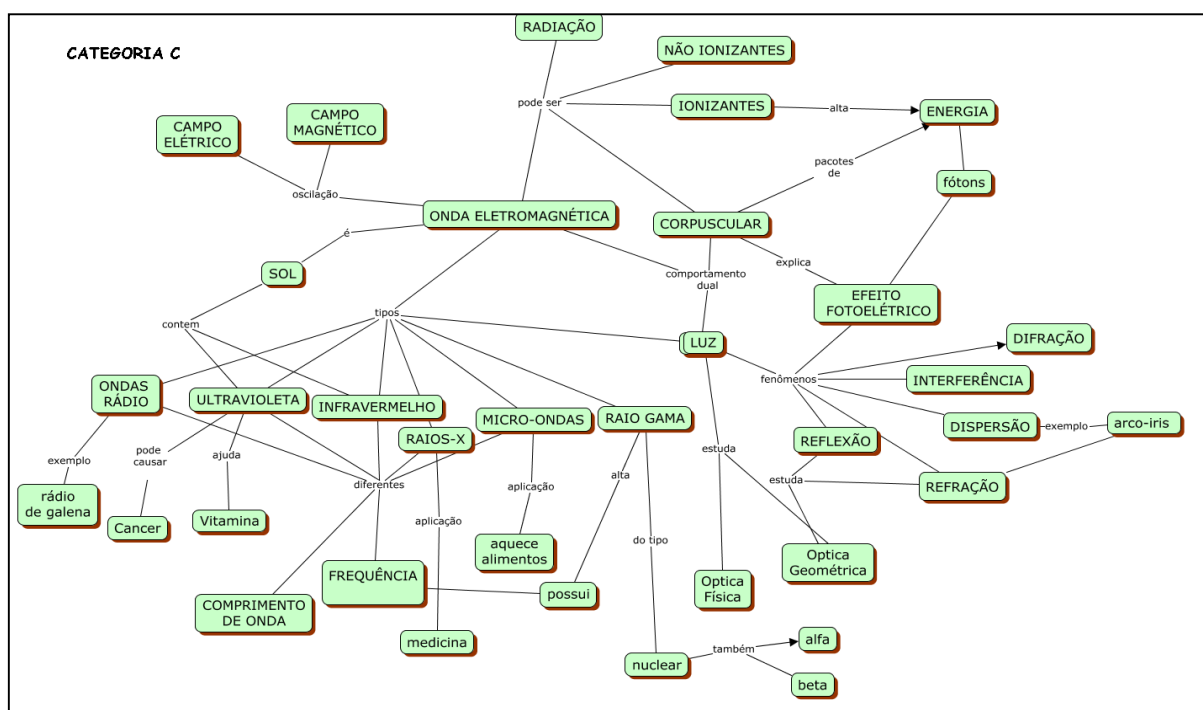


Figura 45: Mapa conceitual do aluno T32A36

O mapa do estudante T32A36 (figura 45) apresenta vários dos conceitos de Física Clássica integrados a diferentes radiações; estes conceitos estão interligados por palavras que permitem o entendimento explicitado pelo aluno demonstrando também uma hierarquia entre os principais tópicos estudados, evidenciando uma diferenciação entre os conceitos mais específicos e os mais inclusivos. Como exemplo podemos citar a relação entre onda eletromagnética – infravermelho – frequência. O aluno demonstrou uma mudança significativa em relação ao mapa mental e um crescimento conceitual durante as atividades, o que revela indícios satisfatórios de aprendizagem significativa.

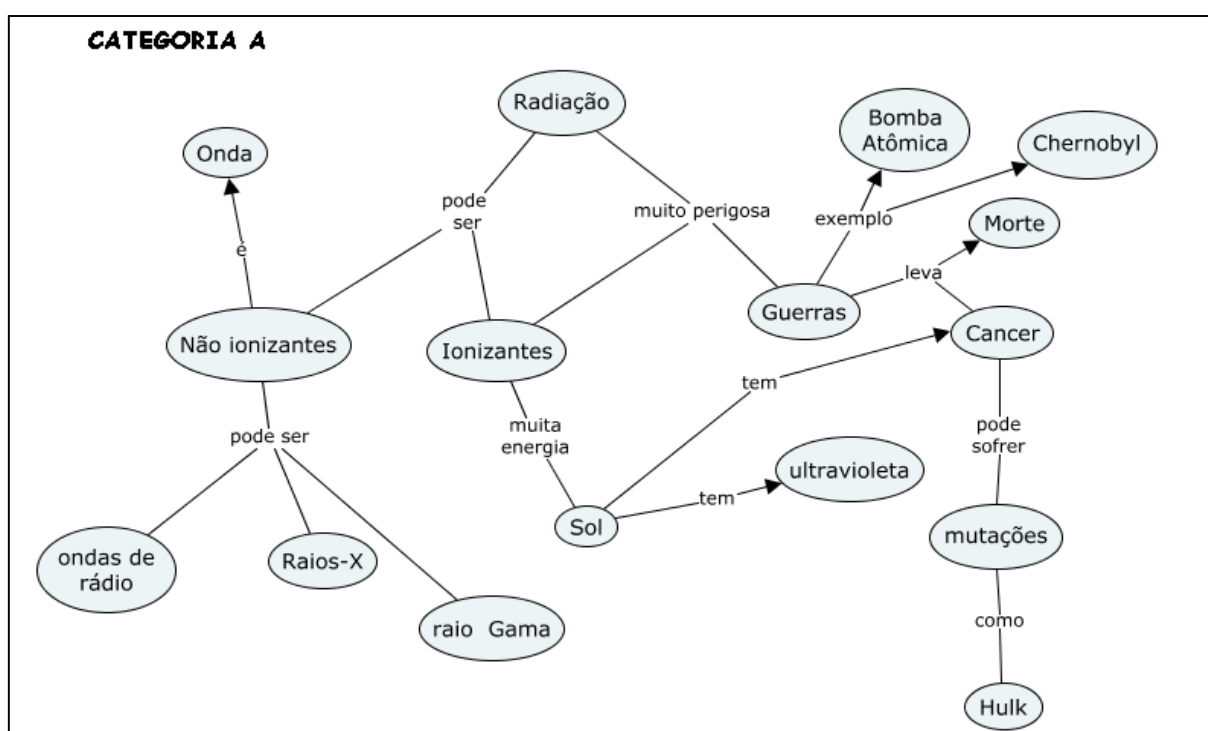


Figura 46: Mapa conceitual do aluno T32A35

Já o estudante T32A35 não apresentou indícios de aprendizagem significativa, pois nos três mapas elaborados constam poucas evoluções nos conceitos, bem como não apresentam sinais de diferenciação progressiva e reconciliação integradora. Nos três mapas o estudante apresenta erros conceituais e não modifica suas representações sociais iniciais. Confunde os conceitos de ionizante e não ionizante ao afirmar, por exemplo, que os raios gamas são não ionizantes.

De modo geral podemos inferir que o aluno tem dificuldade na organização das ideias para compreensão dos conceitos que envolvem radiação; ressaltamos que o mesmo aluno não apresentou um bom rendimento nas avaliações individuais aplicadas durante o ano letivo.

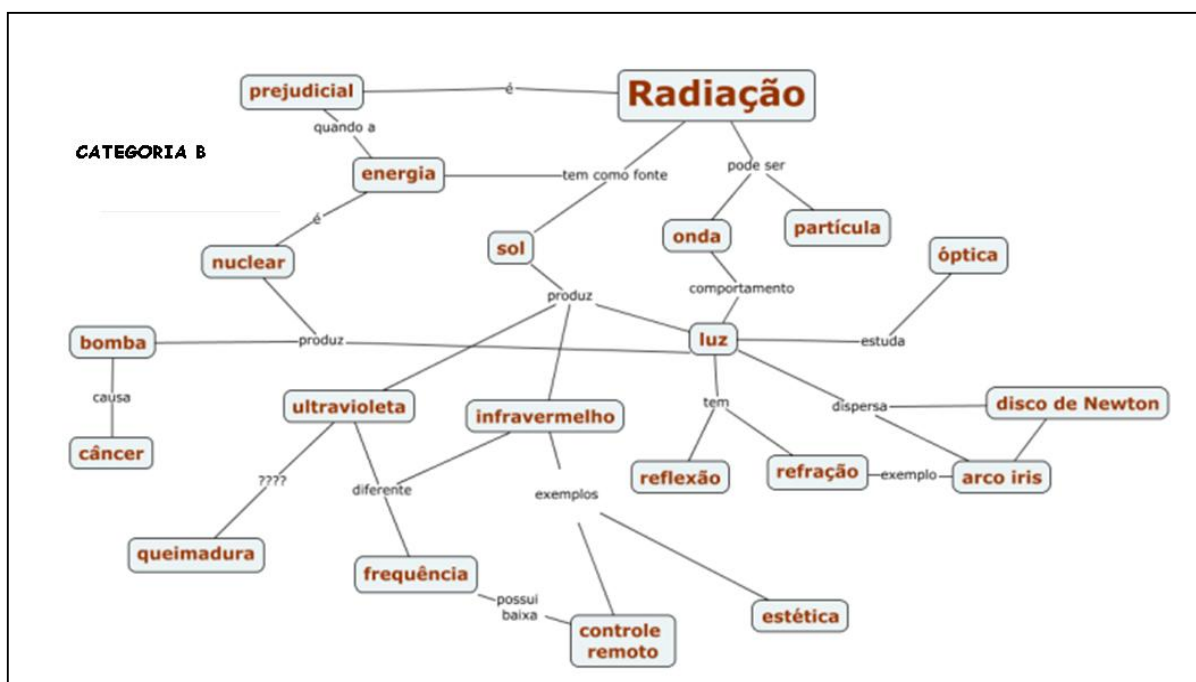


Figura 47: Mapa conceitual do aluno T31 A6

O mapa conceitual do aluno T31A6 indica poucos indícios de aprendizagem significativa; observa-se que as relações entre luz e a óptica indicam um entendimento do estudante em relação a esses conceitos. No ramo do mapa que relaciona a Radiação com energia nuclear, ele apresenta alguns conceitos incompletos, não elabora uma hierarquia conceitual e evidencia poucos sinais de diferenciação progressiva. Observa-se no aluno T31A6, contudo, uma organização memorística ao elaborar os mapas, pois no mapa da figura 43 ele utiliza os conceitos estudados na primeira UEPS e no mapa da figura 47 ele utiliza os conceitos estudados na segunda UEPS. Porém, esta organização memorística dos conceitos não significa que não haja indícios de aprendizagem significativa.

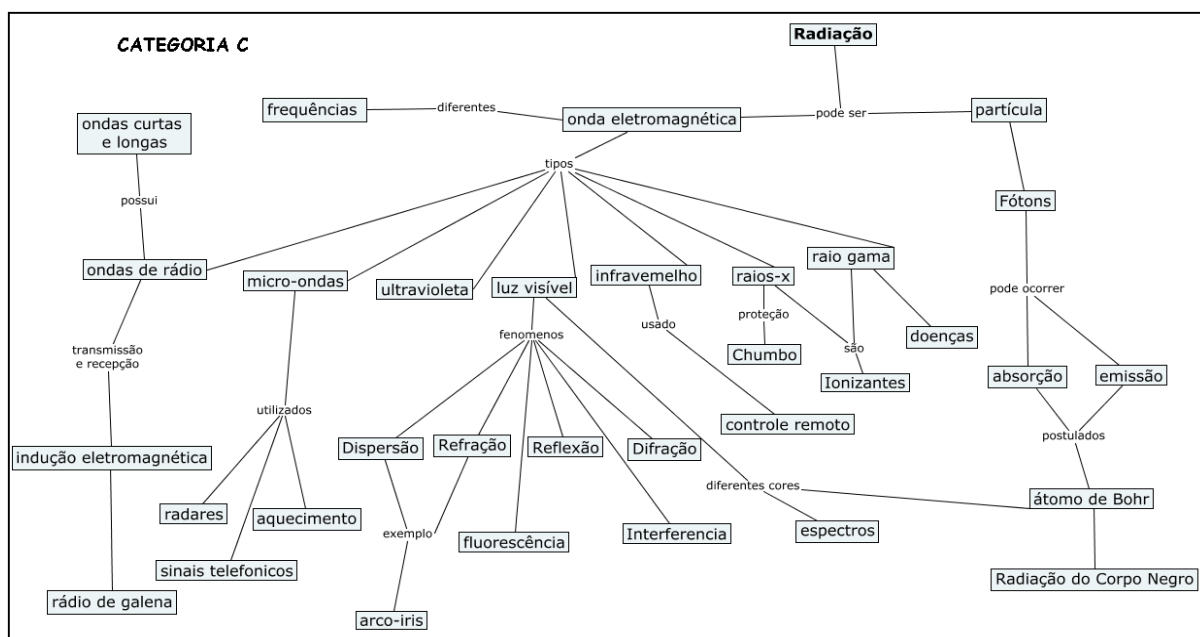


Figura 48: Mapa conceitual do aluno T31A11

A análise do mapa conceitual do aluno T31A1 (figura 48) indica indícios satisfatórios de aprendizagem significativa e um grande avanço nos conceitos estudados. O mapa apresenta uma hierarquização entre os conceitos, bem como uma integração entre diferentes tipos de radiações e os conteúdos de óptica e eletromagnetismo. Apresenta, também, uma compreensão pelo aluno dos diferentes conceitos trabalhados nas três UEPS, o que demonstra avanços nos mesmos, evidenciando uma ampliação nas representações da Radiação. São claras as relações de diferenciação progressiva e reconciliação integradora. O estudante elencou diferentes relações da nova informação com os da sua estrutura cognitiva, contemplando praticamente a maioria dos conceitos abordados.

O nosso objetivo ao analisar os mapas elaborados pelos estudantes foi o de verificar a ocorrência de indícios de aprendizagem significativa nos conceitos trabalhados e uma possível modificação ou ampliação das representações sociais. Para Moreira (2006), quando utilizamos mapas conceituais para avaliação da aprendizagem a principal ideia é o de avaliar o que o aluno sabe em termos conceituais, isto é, como ele estrutura, organiza, diferencia, relaciona, integra conceitos de uma determinada unidade de estudo.

A partir dos critérios estabelecidos no quadro 11, no qual são ancorados os conceitos de aprendizagem significativa, analisamos qualitativamente os mapas conceituais elaborados nas UEPS, buscando interpretar as relações conceituais dadas pelos estudantes quando da elaboração de seus mapas, em conjunto com a evolução das atividades desenvolvidas junto às UEPS. Segundo Moreira (2005) a análise de mapas conceituais é essencialmente qualitativa; o

professor deve procurar interpretar a informação dada pelo aluno no mapa a fim de obter evidências de aprendizagem significativa.

Os gráficos 4 e 5 apresentam um comparativo das evoluções das categorias dos *mapas conceituais A e B* desenvolvidos respectivamente na segunda e terceira UEPS.

A partir dos dados contidos nos gráficos, observamos uma diminuição expressiva na categoria A, que apresentam mapas com poucas relações entre os conceitos e ausência de aprendizagem significativa.

Em relação a categoria B houve pouca modificação, pois ao analisar os mapas dos estudantes verificamos que dezenove se mantiveram na categoria B e apenas dois passaram para categoria C, mantendo-se com poucos indícios de aprendizagem significativa. Isto não significa que não tenha havido uma evolução na aprendizagem dos conceitos abordado nas UEPS, pois este não foi o único instrumento avaliativo utilizado durante a implementação. Nesta categoria observou-se que muitos dos estudantes expressaram diferentes estruturas ao organizarem os conceitos estudados abordando o tema Radiação, muitas vezes, ancorando-o nas suas representações, fato este bastante observado nos mapas inseridos na categoria B.

Por outro lado, observou-se, a partir dos gráficos 4 e 5, um crescimento significativo na categoria C do *mapa A* para o *mapa B*; mais especificamente dobraram os estudantes com mapas que apresentavam indícios satisfatórios de aprendizagem significativa. Estes mapas apresentaram várias relações de diferenciação progressiva e reconciliação integradora, ligações cruzadas, conceitos de Física Clássica integrados aos de FMC, mapas com relações válidas entre os conceitos e uma organização hierárquica que facilitou a leitura dos mapas e a verificação da compreensão dos conceitos pelos estudantes. Também verificamos uma mudança significativa nas representações dos estudantes inseridos nesta categoria.

Ao final da análise observamos uma diminuição na categoria A, o que demonstra uma evolução e domínio no campo conceitual da Radiação quando os estudantes elaboram seus mapas, ressaltando que estes mapas foram desenvolvidos individualmente e sem consulta.

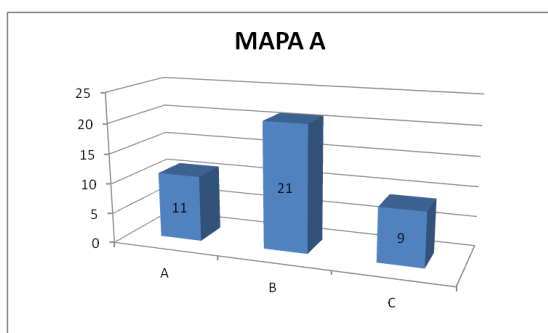


Gráfico 4: Número de estudantes por categoria do mapa A.

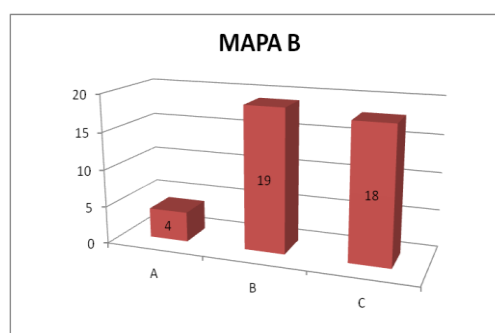


Gráfico 5: Número de estudantes por categoria do mapa B.

As atividades com mapas mentais e conceituais foram bem significativas, pois demonstraram resultados satisfatórios no decorrer das implementações. O mapa mental da primeira UEPS e o mapa conceitual da segunda foram importantes para alicerçar as situações desenvolvidas, pois verificar os subsunçores relevantes na estrutura cognitiva dos estudantes é um dos princípios das UEPS e da aprendizagem significativa crítica. Para Ausubel (2000) o conhecimento prévio é a variável que mais influencia na aprendizagem significativa e para Moreira (2010) aprendemos a partir do que já sabemos.

Por sua vez, o mapa conceitual da terceira UEPS foi elaborado para a avaliação da aprendizagem, com o objetivo de integrar os conceitos vistos até o momento e verificar se ocorreu uma progressividade da aprendizagem. Para Moreira (2011) a utilização de mapas conceituais como instrumento de avaliação permite uma visualização da organização conceitual que o aprendiz atribui a um dado conhecimento e busca relações significativas entre os conceitos.

Enquanto instrumentos de avaliação, os mapas conceituais podem ser utilizados para se ter uma imagem da organização conceitual e das relações hierárquicas entre conceitos que o aluno estabelece para um dado conteúdo, representando o aprendizado em qualquer disciplina (ROSA E LORETO, 2013).

Analisando os mapas conceituais elaborados evidenciaram-se indícios de aprendizagem significativa em sua maioria, o que demonstrou a dedicação dos estudantes na elaboração dos seus mapas, pois representar vários conceitos pensando nas suas relações, conexões, hierarquias, diferenciando e reconciliando, exige do estudante um grande conhecimento sobre o tema abordado.

Concluímos, portanto, a partir da análise dos mapas das categorias B e C, que os estudantes ao externalizar seus conhecimentos estabeleceram relações cruzadas, ligações válidas entre as proposições, exemplos de radiações aplicadas no cotidiano, integração com os conceitos clássicos, sendo estas condições consideradas indícios satisfatórios de aprendizagem significativa e que os mapas podem ser considerados um instrumento capaz de externalizar a estrutura cognitiva dos alunos.

Por fim, durante a utilização dos mapas em conjunto com outros recursos didáticos utilizados na nossa pesquisa, foi possível verificar a potencialidade dos mesmos, auxiliando na elaboração de diferentes situações, na verificação da evolução conceitual dos estudantes, nas mudanças das possíveis representações sociais iniciais e na avaliação dos estudantes. Na próxima seção analisaremos os invariantes operatórios apresentados nos esquemas desenvolvidos pelos estudantes para resolver as situações propostas, bem como investigaremos se houve ou não um domínio no campo conceitual da Radiação.

6.3.2 Análise dos possíveis indicadores de invariantes operatórios e o possível domínio progressivo do campo conceitual da Radiação

6.3.2.1 Situações da Primeira UEPS

Nesta seção iremos analisar o possível avanço no domínio do campo conceitual de radiações a partir do ponto de vista da Teoria dos Campos Conceituais, de Gerard Vergnaud, pela observação do uso de novos invariantes operatórios, em particular, os teoremas-em-ação, mais próximos do paradigma científico.

Para tanto, apresentamos alguns esquemas utilizados pelos estudantes ao responder duas das situações propostas referentes às diferentes radiações abordadas nas UEPS. Analisaremos algumas das situações iniciais e algumas das situações finais implementadas para inferir possíveis indicadores de invariantes operatórios e da análise dos resultados julgaremos se ocorreu ou não um aumento no domínio do campo conceitual.

Lembramos que os invariantes operatórios são constituídos pelos conceitos-em-ação e pelos teoremas-em-ação. Os conceitos-em-ação são conceitos chaves implícitos que permitem resolver a situação proposta, mas não permitem concluí-la, já que podem ser ou não relevantes para a situações. Os teoremas-em-ação são proposições que podem ser verdadeiras ou falsas. Para Vergnaud (1994 apud MOREIRA,2002), os conceitos-em-ação são os ingredientes necessários das proposições, mas não são teoremas, pois não permitem derivações (inferências

ou computações) e derivações requerem proposições, que podem ser verdadeiras ou falsas; conceitos podem ser apenas relevantes ou irrelevantes. Ainda assim, não existem proposições sem conceitos. Por isso, é relevante analisar os possíveis invariantes operatórios para verificar se houve ou não uma evolução do domínio do campo conceitual.

O domínio de um campo conceitual tem uma evolução lenta e progressiva porque leva um longo tempo para que os conceitos-em-ação se tornem conceitos verdadeiros e para que os teoremas-em-ação se tornem verdadeiros teoremas científicos. Para Vergnaud (2012), a apropriação de diversos aspectos de um conceito é um processo complexo, que ocorre durante um longo período de tempo.

Durante a intervenção didática, implementamos um total de trinta e seis situações distribuídas nas três UEPS, abordando o campo conceitual da Radiação. Cada tipo de radiação foi apresentada em diferentes situações, com níveis crescentes de complexidade e integradas a diferentes conceitos da Física Clássica.

Inicialmente, através de questões-chave, buscou-se detectar o nível de conceitualização dos principais conceitos associados a cada radiação que seria trabalhada em cada UEPS, para direcionar os estudos de forma a contextualizá-los com situações que pertencem ao cotidiano dos estudantes. Após este momento, em que os alunos responderam as questões, promoveu-se um primeiro debate apenas para introduzir o novo assunto. Os estudantes, então, trabalharam com as situações-problema iniciais.

Com as situações iniciais procurou-se identificar os conhecimentos implícitos, que poderiam ser considerados conceitos-em-ação e teoremas-em-ação utilizados pelos estudantes no campo conceitual da radiação de micro-ondas.

Nas Ciências, os conceitos e os teoremas são explícitos e pode-se discutir sua validade. Os invariantes operatórios, por outro lado, geralmente estão implícitos ou são de difícil compreensão. Cabe ressaltar que o nosso objetivo não é categorizar os invariantes encontrados, mas sim identificar os possíveis invariantes utilizados nas situações para julgar se houve ou não evolução no domínio conceitual das diferentes radiações.

A situação-problema inicial 1, mostrada na figura 49 e referente ao 3º passo da primeira UEPS, é de caráter teórico e teve como objetivo verificar os esquemas iniciais dos estudantes envolvendo os conceitos e os teoremas relacionados à radiação de micro-ondas.

Situação-problema inicial 1 – Observe a figura e responda:

- Quais conceitos físicos podem ser explorados no funcionamento do eletrodoméstico?
- Como este eletrodoméstico aquece os alimentos?
- Você conhece algum outro aparelho que utilize o mesmo conceito físico no seu funcionamento?



Figura 49: Situação inicial implementada na primeira UEPS.

Nesta situação, propusemos aos quarenta e um estudantes das duas turmas participantes uma situação familiar com o forno de micro-ondas, supondo que este eletrodoméstico e a radiação a ele associada faz parte do cotidiano da maioria dos alunos.

Para exemplificar as respostas analisadas nas situações, identificamos cada estudante pela letra T e um número, caracterizando a turma, e a letra A e outro número, caracterizando o sujeito, como já fizemos anteriormente. Assim, T31A7 representa o aluno 7 da turma 31. Dos quarenta e um estudantes, três não responderam a situação inicial e dois afirmaram não conhecer nem o funcionamento do forno de micro-ondas nem os conceitos pertinentes. Os demais responderam a situação com diferentes esquemas.

A situação proposta objetivava verificar se os estudantes entendiam o funcionamento do forno de micro-ondas, os conceitos físicos utilizados para explicar esse funcionamento e como os alimentos são aquecidos. Além disso, a situação proposta objetivava identificar outras tecnologias que os estudantes relacionavam ao uso das micro-ondas.

Para esta situação, agrupamos as respostas dos estudantes em quatro grupos de análise, de acordo com os possíveis invariantes operatórios explícitos e implícitos nos esquemas elaborados.

Grupo de análise A

Neste grupo enquadram-se as respostas que se utilizaram de esquemas muito genéricos para poder resolver a situação-problema proposta com algum grau de especificidade.

Destacamos os seguintes possíveis conceitos-em-ação e teoremas-em-ação.

Conceitos-em-ação:

Energia elétrica, Eletricidade, Calor e Temperatura.

Teoremas-em-ação:

T₁: Quando ligado, transfere energia.

T₂: Quanto maior a temperatura, maior a energia.

T₃: A energia elétrica aquece quando aumenta a temperatura.

T₄: Quando ligada na luz, aquece.

T₅: A energia elétrica, quando ligada, aquece o alimento.

T₆: A placa elétrica, ao adquirir uma temperatura, aquece.

T₇: É necessária eletricidade para aquecer os alimentos.

No quadro 12 abaixo, estão transcritos fragmentos das respostas que justificam os conceitos-em-ação e os teoremas-em-ação listados acima.

T31A1: “Quando ligado transfere energia para ele (...)Um deles é o motor, ele transfere a energia elétrica para o forno fazendo ele esquentar, quanto mais aumenta a temperatura mais energia irá transmitir.”

T31A4: “O micro-ondas para esquentar a comida tem um metal que aquece uma bandeja giratória, que gira a comida para aquecer com a energia elétrica, que passa a esquentar o metal e aquece a comida.”

T31A9: “Pode ser a eletricidade e a bateria que carrega o micro-ondas (...) como a torradeira que é ligada na luz para esquentar conforme a temperatura vai subindo (...).”

T31A12: “Aquecimento das moléculas interiormente primeiro e após as moléculas exteriores. Ele funciona com a a eletricidade que aquece os alimentos a partir da radiação(...).”

T31A13; “ O micro-ondas funciona com uma placa elétrica aquecida e adquire uma certa temperatura quando os alimentos serão aquecidos (...).

T32A27: “A parte elétrica liga o forno e aquece as micro-ondas que são transferidas para os alimentos”.

T32A28: “ (...) acredito que a eletricidade gera calor”.

T31A17: “O forno aquece a comida como ocorre com outros eletrodomésticos”.

T32A30: “(...) o uso da energia elétrica e o aquecimento é feito quanto maior for a temperatura (...).”

T32A38: “Não sei explicar os conceitos, mas acho que são responsável pelo calor”.

Quadro 12:Transcrição das respostas da situação inicial do grupo de análise A

Com exceção de T₃ e T₆, em que os estudantes colocam como causa e efeito o aquecimento e o aumento da temperatura (que são, na verdade, maneiras diferentes de dizer a mesma coisa), os demais teoremas-em-ação não deixam de ser verdadeiros, embora a explicação solicitada esteja longe de ser alcançada, mesmo juntando todos eles num único texto. Em outras palavras, tomando um desses teoremas-em-ação individualmente, como T₅, por exemplo, verificamos que há nele um conteúdo de verdade (o fato de que o alimento é aquecido, no final das contas, porque o aparelho está ligado à eletricidade), mas para se entender completamente todas as transformações que ocorrem no dispositivo e nos alimentos faltam, evidentemente, muitos elos lógicos (outros conceitos-em-ação e teoremas-em-ação). Esse mesmo teorema-em-ação T₅ expressa a ideia do estudante de que a temperatura dos alimentos aumenta porque eles ganham energia elétrica. Fica claro também pelos outros teoremas-em-

ação que os estudantes não articulam adequadamente os conceitos de que se valem para gerar algo próximo de uma explicação científica.

Por outro lado, esses mesmos teoremas-em-ação poderiam ser encontrados também na explicação de inúmeros outros dispositivos, deixando claro que os estudantes não distinguem, pelo seu funcionamento, o forno de micro-ondas de outros elétricos ou eletrônicos. Não há evidências que indicam que algum aluno compreende que há uma radiação sendo absorvida pelos alimentos.

Em seus esquemas, os alunos utilizaram alguns conceitos da Física, em particular, da Eletrostática e da Eletrodinâmica, trabalhados durante o mesmo trimestre desta intervenção, sem contudo diferenciá-los. Por exemplo, parece que, para eles, eletricidade e energia elétrica são sinônimos (o que não deveria surpreender já que isso é comum no uso cotidiano inclusive de pessoas mais escolarizadas).

Grupo de análise B

Neste grupo enquadraram-se as respostas que se utilizam de esquemas em que aparecem, de modo inicial, os conceitos de onda e de radiação, mas também sem qualquer articulação relevante para resolver a situação-problema proposta.

Destacamos os seguintes possíveis conceitos-em-ação e teoremas-em-ação.

Conceitos-em-ação:

Calor, Velocidade, Temperatura, Energia, Eletricidade, Ondas, Frequência e Radiação Eletromagnética.

Teoremas-em-ação:

T₈: Quanto maior a velocidade da radiação, maior é o calor.

T₉: A frequência das ondas aquece os alimentos.

No quadro 13, estão transcritos fragmentos das respostas que justificam os conceitos-em-ação e os teoremas-em-ação listados acima.

<i>T31A2: “ (...) o modo de aquecimento é realizado pela velocidade da radiação que transmite o calor.”</i>
<i>T31A6: “(...) A frequência das onda aquece os alimentos de dentro para fora, essa frequência acredito eu que gera radiação”.</i>
<i>T31A11: “Acho que os alimentos aquecem porque a temperatura dentro do micro-ondas aumenta com a velocidade da frequência e com a radiação eletromagnética”.</i>
<i>T32A14: “No forno de micro-ondas a energia das ondas eletromagnéticas é transmitida para as moléculas pela velocidade da sua frequência, (...)”.</i>
<i>T31A5: “Os micro-ondas utilizam micro-ondas para esquentar os alimentos”.</i>
<i>T31A3: “Radiação como no aparelho de raios x, estufas de esterilização de unhas”.</i>

Quadro 13: Transcrição das respostas da situação inicial do grupo de análise B

Na análise do grupo anterior afirmamos que, com exceção de dois teoremas-em-ação, os demais não deixavam de ser verdadeiros. Mas isso era devido ao seu caráter muito geral. Agora, já não podemos dizer o mesmo justamente pelo uso de conceitos restritos, como velocidade e frequência. Em T_8 , a velocidade da radiação é diretamente associada ao calor. Sabemos, do Eletromagnetismo, que todas as radiações eletromagnéticas, independentemente de suas frequências e conteúdos energéticos, se propagam com a mesma velocidade. Ao menos a velocidade da radiação não aparece como causa do calor, como acontece com a frequência, que aparece como causa do aquecimento em T_9 .

No entanto, embora no grupo anterior, para se entender completamente todas as transformações que ocorrem no dispositivo e nos alimentos faltassem muitos elos lógicos, parece que no atual grupo isso não é verdade. Por exemplo, pode ser suficiente que o professor trabalhe o fato de que as radiações eletromagnéticas se diferenciam pela frequência (e não pela velocidade) e também a relação entre frequência e energia, para que os estudantes fiquem muito próximos de formular a explicação solicitada na situação-problema proposta. Nesse sentido, os conceitos e os teoremas descritos em T_8 e T_9 estão muito mais próximos de se tornarem teoremas e conceitos científicos do que aqueles associados ao grupo anterior.

De qualquer modo, as respostas desse grupo já indicam que os alunos sabem que a explicação solicitada está relacionada ao conceito de onda e às suas propriedades.

Grupo de análise C

Neste grupo enquadram-se as respostas que se utilizam de esquemas em que aparecem, ainda de modo incipiente, os conceitos de onda e de radiação, agora articulados ao conceito de calor e aproximando-se mais da solução da situação-problema proposta.

Destacamos os seguintes possíveis conceitos-em-ação e teoremas-em-ação.

Conceitos-em-ação:

Calor, Ondas, Radiação, Eletricidade e Atrito.

Teoremas-em-ação:

T_{10} : Ondas (de radiação) pequenas transmitem calor.

T_{11} : As micro-ondas geram (funcionam com) radiação.

T_{12} : Ondas de calor aquecem os alimentos.

No quadro 14, estão transcritos fragmentos das respostas que justificam os conceitos-em-ação e os teoremas-em-ação listados acima.

<i>T31A18: “Ele aquece por meio de ondas de radiação (...) são ondas pequenas que transmitem calor. (...)”</i>
<i>T31A20: “As micro-ondas geram radiação, tem correntes que geram calor, produz um atrito gerando calor e assim aquecendo os alimentos.”</i>
<i>T32A26: “As micro-ondas funcionam com ondas de calor que aquecem os alimentos”</i>
<i>T32A36: “O conceito mais usado são ondas pequenas que aquecem as moléculas da comida”</i>

Quadro 14: Transcrição das respostas da situação inicial do grupo de análise C

Neste grupo de respostas, os possíveis teoremas-em-ação relacionam claramente o aquecimento dos alimentos com a radiação. Além disso, em alguns casos, a radiação relacionada ao aquecimento é caracterizada como "pequena", possivelmente querendo significar "de pequeno comprimento de onda". Podemos dizer desse grupo o mesmo que dissemos do grupo anterior: parece que faltam poucos elos lógicos para se entender completamente todas as transformações que ocorrem no dispositivo e nos alimentos. Agora, o problema pode ser de nomenclatura: ondas pequenas no lugar de ondas de pequeno comprimento de onda, ondas de calor no lugar de micro-ondas, micro-ondas geram radiação no lugar de radiação de micro-ondas, etc. Por isso também aqui, os conceitos e os teoremas estão muito próximos de se tornarem teoremas e conceitos científicos.

De modo geral, os resultados apresentados nos três grupos de análise evidenciam a diversidade de conceitos de Física (pertinentes e não pertinentes) utilizados pelos estudantes para explicar a situação inicial em referência, conceitos esses que aparecem com graus variados de articulação pertinente à solução da situação. Além disso, os possíveis teoremas-em-ação destacados nos três grupos, estritamente falando, não chegam a representar verdades cientificamente aceitas, de modo que os conceitos de que os alunos se utilizaram não parecem ser significativos para eles, no contexto da situação proposta. Em outras palavras, nenhum aluno apresentou uma resposta que mostrasse compreensão aceitável do campo conceitual de Radiações.

Sob o ponto de vista escolar, isso motiva o trabalho mais extenso que desenvolvemos, com a inserção de diferentes estratégias didáticas potencialmente significativas para explorar o campo conceitual de Radiações e, mais especificamente, pela proximidade com o cotidiano dos alunos, o campo das micro-ondas. No desenvolvimento das UEPS, os conceitos e teoremas científicos foram explorados integrando-os aos conteúdos clássicos já tradicionais do ensino médio, como campo magnético, indução eletromagnética e blindagem eletrostática. Além disso, foram discutidos conceitos de Ondulatória porque ficou claro a lacuna nos conhecimentos dos alunos, uns porque não aprenderam significativamente e outros, porque sequer tiveram aulas sobre isso no segundo ano do ensino médio.

Para a sequência da primeira UEPS, desenvolvemos situações com vistas a possibilitar aos estudantes um maior domínio do campo conceitual da radiação, abordarmos as micro-ondas, as ondas de rádio e uma situação inicial sobre raios-x e raios gama. Para apurar a eficiência e as potencialidades destas situações, analisamos as respostas de uma situação que fez parte de uma avaliação ao final desta UEPS.

6.3.3 Análise dos esquemas utilizados pelos estudantes que apresentaram um aumento no domínio do campo conceitual na primeira UEPS

Após introduzirmos os conceitos referentes à radiação de micro-ondas, suas aplicações e seu funcionamento junto aos conceitos de ondulatória e eletromagnetismo desenvolvidos durante várias situações e estratégias didáticas implementadas na primeira UEPS, conforme já explicitada no capítulo 6, implementamos, ao final do trimestre, uma avaliação com diferentes situações-problemas.

Para essa análise, utilizamos uma das situações finais, a situação 3 (quadro 15, proposta no 7º passo da primeira UEPS como uma das questões avaliativas), e que possui o mesmo objetivo da situação inicial, ou seja, explicar a radiação de micro-ondas. Desta forma, comparamos os teoremas-em-ação utilizados pelos estudantes para verificar se houve uma evolução no seu conhecimento.

Como já dito anteriormente, após desenvolver várias situações com diferentes estratégias didáticas, conforme detalhada na seção 6.2, foi proposta uma situação para que os alunos explicassem, a partir de uma nova situação, como funciona a radiação de micro-ondas.

Situação 3 -Os radares militares modernos são tão sensíveis que conseguem rastrear uma mosca a dois quilômetros de distância. Para fazer frente a esta tecnologia, os projetistas de aeronaves desenvolveram aviões “invisíveis” que utilizam materiais especiais, formas angulosas e sistemas de interferência eletrônica para não serem detectados. As mesmas ondas usadas na telefonia, na televisão e no radar também servem para cozinhar os alimentos. **a)** Explique com suas palavras que tipo de radiação e como ocorre o funcionamento deste tipo de tecnologia? **b)** E em que outras situações podemos utilizar este tipo de radiação?

Quadro15: Situação 3 proposta no 7º passo da UEPS

Nesta etapa verificamos que os esquemas utilizados pelos estudantes para a situação do quadro 15, apresentaram uma homogeneidade nos teoremas-em-ação, o que nos permitiu congrega em dois grupos as respostas. O primeiro com os esquemas dos estudantes que apresentaram uma evolução nos possíveis invariantes operatórios e que se aproximaram dos

conceitos e teoremas científicos; o segundo com as respostas dos estudantes que tiveram poucas mudanças nos seus invariantes e que tiveram uma compreensão parcial dos conceitos e teoremas científicos devolvidos durante a implementação da primeira UEPS.

Grupo de análise D

Dos quarenta e um estudantes que faziam parte da pesquisa, três alunos não compareceram na avaliação e, dos restantes, vinte e três estão inseridos neste grupo, que reúne aqueles que, após a implementação da primeira UEPS, apresentaram evolução nos possíveis invariantes.

Destacamos os seguintes possíveis conceitos-em-ação e teoremas-em-ação.

Conceitos-em-ação:

Ondas Eletromagnéticas, Frequência, Velocidade, Radiação, Energia, Reflexão e Ondas.

Teoremas-em-ação:

T_A: As micro-ondas se refletem como a luz nos espelhos.

T_B: As micro-ondas se propagam em linha reta.

T_C: Os elétrons ao se agitarem produzem micro-ondas.

No quadro 16 abaixo, estão transcritos fragmentos das respostas que justificam os conceitos-em-ação e os teoremas-em-ação listados acima.

<i>T31A4: "São as micro-ondas que são ondas eletromagnéticas que possuem baixa frequências que vibram com uma certa velocidade. Certos objetos refletem as micro-ondas como um espelho reflete a luz enviando pulsos eletromagnéticos."</i>
<i>T31A6: "São as micro-ondas, elas são radiações eletromagnéticas com comprimento de ondas diferentes. Elas se propagam em linha reta e exigem uma visão direta entre as antenas transmissora e receptora. Elas enviam pulsos de micro-ondas e detectam e refletem seus pulsos. Um exemplo do uso delas também são os detectores de metais, cujo metal reflete suas ondas"</i>
<i>T31A9: "As micro-ondas são ondas eletromagnéticas com comprimentos ondas diferentes e frequência também diferentes. Como as micro-ondas se propagam em linha reta exigem uma visão direta entre as antenas de transmissão e recepção. No caso do radar, uma fonte emite uma radiação que atinge um objeto e volta para o ponto onde a onda foi emitida, determinando a distância, velocidade, etc."</i>
<i>T31A13: "São micro-ondas que emitem frequências eletromagnéticas e se propagam em linha reta e são captadas por algum tipo de material refletor que capta ondas e envia para um receptor"</i>
<i>T31A20: "Chamamos de radiação ou onda micro-ondas. O funcionamento ocorre com a reflexão da onda que reflete micro-ondas, enviando pulsos. Detectando os pulsos refletidos os radares mais avançados podem determinar a direção, a distância e a velocidade com o tempo de ida e volta do pulso."</i>
<i>T31A7: "São ondas de rádio usadas para telefonia, televisão, radar, e também servem para cozinhar alimentos. Exemplo no micro-ondas de casa, onde um circuito especial faz os elétrons se agitar muito rápido formando e espalhando no compartimento principal do forno e são absorvidas por algum objeto colocado nele para ser esquentado".</i>

<i>T32A36: “são ondas eletromagnéticas com comprimento de onda grande e frequências pequenas como as micro-ondas se propagam no vácuo podem ser transmitidas pelos satélites. Par aos fornos precisamos de circuitos especiais que faz os elétrons se agitarem e produzir micro-ondas”</i>
<i>T32 A41: “As micro-ondas são uma forma de energia ligada a eletricidade que faz os elétrons vibrarem e emitem radiação”.</i>
<i>T31A14: “É uma radiação eletromagnética com baixa frequência e são chamadas de micro-ondas se propagam em linha reta com um caminho entre antena de transmissão e recepção. Os satélites também transmitem sinais para a terra através das micro-ondas que se propagam no vácuo.”</i>
<i>T31A19: “São ondas eletromagnéticas que se propagam em linha reta, as micro-ondas. São usadas esse tipo de radiação em controles remotos, para esquentar alimentos e diversas outras utilidades.</i>
<i>T32A34:As micro-ondas são geradas a partir de diferentes energias e elas se propagam sempre em linha reta. As micro-ondas são enviadas para terra e podemos usar também para saber a direção, a distância e a velocidade de qualquer objeto.</i>

Quadro 16: Transcrição das respostas da situação 3 do grupo de análise D

Comparando com a questão inicial, o conjunto de conceitos utilizados agora para elaborar as respostas, é mais pertinente para a construção dos teoremas-em-ação que podem interessar na resposta adequada à questão. É claro que alguns esquemas elaborados para responder as questões apresentam conceitos conflitantes, mas isso não é de surpreender numa situação de avaliação em que outros conceitos trabalhados durante o trimestre estão sendo cobrados. Os conceitos são compreendidos num processo lento, sendo necessário que esses conceitos interajam com diferentes situações até tornarem-se conceitos científicos (Grings et al, 2006).

Como podemos observar no quadro 16, as respostas apresentam uma evolução nos conceitos, estes articulados por novos e mais pertinentes teoremas, indicando um avanço nos conhecimentos dos alunos ao lidar com situações que envolvam a radiação de micro-ondas. A maioria dos alunos utilizou o conceito de ondas eletromagnéticas para identificar as micro-ondas e os conceitos de frequência e comprimento de onda para articular os teoremas, bem de acordo com o paradigma científico. Mesmo que em um ou outro caso os conceitos tenham sido utilizados equivocadamente, parece que, para os estudantes desse grupo, esses conceitos tornaram-se significativos.

De modo geral, os estudantes conhecem a propagação retilínea da luz e a mudança de direção no fenômeno de reflexão por espelhos. Os dois primeiros teoremas-em-ação indicam que eles expandiram essa compreensão às ondas de rádio e às micro-ondas, resultado esse buscado no desenvolvimento da UEPS. Várias situações foram desenvolvidas para que fosse possível aos estudantes se apropriarem destes conceitos em diferentes situações, como se observa nas respostas listadas no quadro 16.

O terceiro teorema-em-ação, em particular, retirado das respostas de três alunos, representa aquele que é, talvez, o elo lógico mais importante de todas as discussões: o mecanismo de nascimento das ondas eletromagnéticas e, em particular, das micro-ondas. A partir do momento em que um aluno compreende que partículas carregadas (como os elétrons), em movimento oscilatório, podem emitir radiação, não será difícil entender, também, que uma partícula carregada (uma molécula, por exemplo) pode absorver radiação e passar a oscilar com maior amplitude e, portanto, com maior energia e terá entendido o funcionamento do forno de micro-ondas (por exemplo).

A análise acima indica, sem dúvida, uma evolução no domínio do campo conceitual de Radiação.

Grupo de análise E

Estão inseridos, neste grupo, quinze estudantes que não apresentaram evolução nos possíveis invariantes.

Destacamos os seguintes possíveis conceitos-em-ação e teoremas-em-ação.

Conceitos-em-ação:

Radiação, Ondas, Calor, Vácuo, Ondas de Radiação, Ondas Mecânicas, Ondas Magnéticas, Velocidade, Micro-ondas.

Teoremas-em-ação:

T_D: As radiações podem achar qualquer objeto.

T_E: As micro-ondas se propagam no vácuo.

T_F: O excesso de ondas (?) causa doenças.

T_G: Micro-ondas e ondas de rádio são prejudiciais.

T_H: Ondas mecânicas geram calor.

Dois estudantes não apresentaram resposta à situação proposta. No quadro 17, abaixo, estão transcritos fragmentos das respostas.

<i>T31A1: “(...) são radiações que podem achar qualquer objetos e funcionam por ondas.”</i>
<i>T31A15: “se propaga através da radiação e do calor”</i>
<i>T31A18: “Micro-ondas são radiações que se propagam no vácuo por meio de ondas de radiação”</i>
<i>T31A20: “São ondas magnéticas transmitidas pelas antenas e aquecem causando, se usadas em excesso, doenças”</i>
<i>T32A28: “(...) ocorre no vácuo, (...) aumenta a velocidade aumenta a radiação”</i>
<i>T32A38: “são ondas mecânicas que geram calor e se propagam em diferentes meios”</i>
<i>T32A40: “São micro-ondas e ondas de rádio e são radiações prejudiciais.</i>

Quadro 17: Transcrição das respostas da situação 3 do grupo de análise E

O conjunto de possíveis conceitos-em-ação contém conceitos não pertinentes à questão, como velocidade e ondas mecânicas. Contém, ainda, conceitos parcialmente formados, como ondas magnéticas e ondas de radiação.

Por outro lado, o conjunto de possíveis teoremas-em-ação não permite formular a resposta requerida, mesmo se todos fossem incorporados em um único texto. O segundo teorema-em-ação é o único estritamente verdadeiro, mas em nada contribui para a solução da questão proposta porque o radar (e o forno de micro-ondas, da questão inicial) funcionam essencialmente em presença da atmosfera. O primeiro, apesar da formulação um tanto ingênua, até poderia ser considerado verdadeiro se ignorássemos o fato de que um objeto pode estar numa região blindada. Os outros teoremas estão muito longe de serem verdades científicas. Em outras palavras, os estudantes desse grupo poderiam estar, perfeitamente, nos grupos A e B relativos à análise da situação inicial discutida. Esses resultados indicam que, para esses alunos, as situações trabalhadas foram insuficientes para uma mudança detectável nos seus conhecimentos.

Visualizamos, no decorrer desta análise, uma evolução significativa no campo conceitual de Radiações de Micro-ondas, levando-se em conta que esta primeira UEPS foi implementada em dezenove encontros, no primeiro trimestre, em condições normais de sala de aula, isto é, com a pesquisadora atuando como professora regente em sala de aula, com outras atividades intercaladas oferecidas pela escola, e com as avaliações por área, conforme o regimento da escola.

Os resultados do estudo de caso 1 vêm ao encontro de algumas respostas presentes na situação inicial. Percebemos, em várias ocasiões, que os alunos utilizaram as representações sociais para explicar a situação proposta, quando se referiram, por exemplo, a algo prejudicial, ou ligando as micro-ondas às práticas pertencente a dimensão pragmática. Na situação 2, poucas vezes percebemos estas representações, demonstrando uma evolução conceitual na compreensão deste tipo de radiação.

As dificuldades verificadas quando da formulação pelos alunos de respostas supostamente corretas e com um maior rigor científico vêm ancoradas aos referenciais desta pesquisa, a Teoria dos Campos Conceituais, salientando que o domínio de um campo conceitual, por parte do aprendiz, ocorre ao longo de um largo período de tempo, pela experiência, maturidade e aprendizagem (Vergnaud, 1998), e a Teoria das Representações Sociais, para a qual as mudanças nestas representações ocorrem lentamente, de acordo com as informações que vão sendo adquiridas ao longo do tempo. Uma representação social pode ser mais estável, quando se encontra no núcleo central, e pode ser flexível, quando se localiza na

periferia. A radiação de micro-ondas, no estudo de caso 1, estava localizada na periferia (quadro 9), o que permite, em regra, uma adaptação à realidade, pois os elementos localizados na primeira e segunda periferia são mais flexíveis, com possibilidades de modificações.

Por isso, esta pesquisa nos permite inferir que houve um aumento no domínio do campo conceitual de Radiação de micro-ondas, a partir da identificação dos possíveis invariantes operatórios e da articulação entre os referenciais adotados.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos primeiros capítulos deste trabalho destacamos a importância para o ensino de Ciências dos referenciais teóricos utilizados na pesquisa. Procuramos demonstrar a Teoria das Representações Sociais como uma possibilidade de trabalhar conceitos científicos a partir das representações dos estudantes. Acreditamos que as representações sociais possuem forte influência no pensar/agir de alunos e que seu estudo, envolvendo a compreensão de seus mecanismos de construção e exposição, podem se tornar importantes aliados no processo de ensino-aprendizagem.

Destacamos a importância da inserção de tópicos de FMC no Ensino Médio, mais especificamente a Radiação, a partir de metodologias diferenciadas ancoradas em referências de aprendizagem da Teoria da Aprendizagem Significativa, Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica e da Teoria dos Campos Conceituais.

A partir destas interpretações iniciais, procuramos trabalhar os aspectos metodológicos e a base teórica, que foi desenvolvida com o intuito de responder o problema de pesquisa que norteou o presente trabalho: *É possível promover a aprendizagem significativa e o domínio do campo conceitual de diferentes radiações a partir das representações sociais presentes nas práticas compartilhadas no cotidiano de estudantes do ensino médio?*

Para responder esta questão, como já é sabido, dividimos a pesquisa em dois estudos de caso. No estudo de caso 1 investigamos as representações sociais dos estudantes do ensino médio com o objetivo de descrever as representações sociais da Radiação. No estudo de caso 2 elaboramos três UEPS com o objetivo analisar o processo de domínio do campo conceitual referente às diferentes radiações a partir das representações sociais partilhadas, emergidas no estudo 1.

Partindo dos dados apresentados consideramos que os objetivos propostos foram atingidos, uma vez que os instrumentos utilizados especificamente para esta pesquisa permitiram identificar as representações sociais dos estudantes e, com o suporte destas representações, elaborar diferentes situações-problema com diferentes radiações, inseridas nos conteúdos da Física Clássica, promovendo o domínio no campo conceitual da Radiação e indícios de aprendizagem significativa.

Na busca da consecução dos primeiros objetivos específicos da pesquisa, que foram *investigar as representações sociais de alunos do ensino médio sobre radiação e descrever, a partir dos discursos dos estudantes, as representações sociais da Radiação*, analisamos os

resultados emergidos no estudo de caso 1 qualitativamente, com base na Teoria das Representações Sociais e na Teoria do Núcleo Central.

Por sua vez, para estudarmos as representações sociais utilizamos a abordagem estruturalista, que proporciona verificar as diferenças entre os elementos cognitivos dos sistemas central e periférico. A partir da análise estrutural das representações sociais emergidas observamos que a estrutura dessa representação é dada por uma possível centralidade constituída pelos elementos sociocognitivos *bomba atômica, sol, raios-X e luz* e constituindo-se como periféricos *bateria de celular, eletricidade, televisão e lâmpadas* fortemente marcada por três dimensões: cognitiva, ideológica/imaginária e pragmática material.

Também a partir da análise dos instrumentos utilizados para investigar as representações sociais verificamos uma diversidade nas respostas, mescladas por elementos do universo consensual com elementos do universo reificado. Estes resultados foram considerados a partir das justificativas das palavras evocadas e da questão aberta “Para mim Radiação está relacionada com....”, analisada e submetida em forma de trabalho científico aprovado no Encontro Nacional Pesquisas em Educação em Ciências – ENPEC/2015 (anexo 3).

Outro ponto relevante que consideramos oportuno ressaltar é a representação dos estudantes ao relacionar a Radiação aos malefícios da saúde e a questões que remetem à bomba atômica e à contaminação, evidenciando a importância do saber compartilhado no cotidiano dos alunos. Este fato demonstra como as representações sociais podem e devem ser consideradas fundamentais para o processo de ensino-aprendizagem, pois são capazes servir de subsunçores e/ou funcionar como obstáculo epistemológico aos novos conhecimentos.

Com relação aos objetivos específicos quarto e quinto da pesquisa, *usar as representações como orientação para os processos cognitivos de aprendizagem e elaborar diferentes UEPS integrando as diferentes radiações aos tópicos de Física Clássica*, infere-se que os elementos sociocognitivos presentes nas três dimensões serviram de sustentação para elaborarmos as situações-problema de diferentes radiações, distribuídas nas três UEPS, evidenciando a importância de fazermos um levantamento das representações sociais dos estudantes, visto que nestas encontramos os conhecimentos prévios capazes de serem utilizados para ancorar os novos conhecimentos.

Tendo como base as teorias da Aprendizagem Significativa, da Aprendizagem Significativa Crítica e dos Campos Conceituais e considerando os pressupostos de uma pesquisa qualitativa, o estudo de caso 2 teve como foco principal a construção e a implementação de três UEPS, com objetivo de propiciar a aprendizagem significativa e

analisar os invariantes operatórios e a possível evolução do domínio do campo conceitual da Radiação.

A abordagem das diferentes radiações teve um caráter introdutório, pois alguns conceitos referentes às radiações não foram explorados com o formalismo matemático que os são peculiares, mas apenas com ênfase na parte conceitual. A introdução ao estudo das radiações teve também como objetivo estabelecer a base teórica para uma melhor compreensão da Física das Radiações e suas relações com o dia a dia dos estudantes, principalmente para aqueles alunos que continuarão seus estudos na área, contribuindo, de certa forma, para uma formação qualificada de cidadãos.

Para a construção das UEPS buscamos apoio nas dimensões emergidas e nos resultados do estudo de caso 1. Construímos as UEPS com diferentes situações e graus de complexidade, para promover o domínio no campo conceitual da Radiação, proporcionando uma integração, a partir das UEPS, dos referenciais das Representações Sociais e dos Campos Conceituais.

A proposta didática de construção e implementação de três UEPS com o objetivo de introduzir conteúdos de Física Clássica e de diferentes radiações através de situações a resolver, encontra respaldo em Vergnaud (2005). Para este, a primeira intervenção do professor é a escolha de situações para seus alunos. Estas situações devem permitir que o aluno avance conceitualmente e busque nas representações e nos conhecimentos prévios esquemas que possam resolver diferentes situações para um mesmo campo conceitual. Por isso ressaltamos a importância de conhecer as representações sociais dos estudantes, pois precisamos oferecer situações para as quais estejam familiarizados, ou seja, algo que lhes faça sentido.

Na primeira UEPS elaboramos situações com diferentes níveis de complexidade das radiações de micro-ondas e ondas de rádio, apoiadas na dimensão pragmática; na segunda, as situações foram elaboradas a partir da dimensão cognitiva com enfoque nas radiações da luz visível, ultravioleta e infravermelho. A terceira UEPS foi ancorada na dimensão ideológica/imaginária com situações envolvendo as radiações gama, alfa, beta e as radiações de raios-x.

Outro aspecto importante para verificação da aprendizagem significativa foi a avaliação das próprias UEPS. Optamos por apresentar alguns resultados das situações-problemas presentes nas mesmas, porém todas as atividades foram avaliadas durante seu desenvolvimento, sendo que muitas das situações e avaliações faziam parte da avaliação dos trimestres dos estudantes.

Ao final de cada UEPS realizamos avaliações através de uma análise qualitativa das mesmas. Nestas avaliações buscamos indícios de aprendizagem dos conceitos abordados,

verificamos se houve participação dos estudantes e se estes demonstraram interesse pelas estratégias de ensino utilizadas, bem como se durante as avaliações formais os alunos tiveram o mesmo aproveitamento e o mesmo êxito demonstrado durante as atividades em grupo.

Como resultado pudemos observamos um crescimento na participação dos estudantes no decorrer da implementação das UEPS, pois na primeira UEPS os alunos apresentaram dificuldades em resolver as situações e em expressar suas opiniões, sempre com respostas curtas e vagas, sem muita disposição para escrever. Em determinadas situações pediram para que a professora utilizasse questões que exigissem o uso da matemática.

A partir da metade da primeira UEPS, quando começaram as atividades experimentais, foi possível verificar um grande interesse dos alunos nas atividades realizadas e nos conceitos trabalhados. Com o desenvolver das atividades os alunos demonstraram uma evolução na aprendizagem, mesmo nas mais formais, como a avaliação individual e os exercícios para serem realizados em casa. Os estudantes pesquisavam em suas casas a utilização das diferentes radiações e compartilhavam com o grande grupo durante as atividades em aula. Outro ponto positivo foi o trabalho em grupo, que favoreceu um maior diálogo entre estudantes e a professora.

Buscamos, pela forma como apresentamos nosso trabalho, fazer com que o leitor acompanhasse o caminho que percorremos durante a realização da nossa pesquisa. Procuramos demonstrar a importância dos modelos teórico-metodológicos utilizados, e apresentar, a partir dos dois estudos de caso, a complementariedade dos referenciais teóricos utilizados e aprofundados com a análise dos seus resultados. Estes, inicialmente, identificaram as representações sociais da Radiação, as quais, ao final da pesquisa evidenciaram algumas modificações nas concepções dos estudantes, porém, permaneceram com a ideia de que as radiações são maléficas.

Ressaltamos que o processo de mudança de uma representação social é lento. Inicialmente são transformados os elementos periféricos da representação, para somente depois os elementos centrais serem modificados, quando isso for possível. Nesse sentido, uma proposta de mudança das representações da Radiação nos estudantes que se pretenda efetivar precisa levar em consideração o tempo necessário para a transformação das representações que devem acompanhá-los. Assim, a possibilidade existe, mas será necessário um trabalho árduo, com diferentes estratégias de ensino desde as séries iniciais que possam identificar os diversos níveis estruturantes das representações.

Contudo, verificamos indícios de aprendizagem significativa com a análise dos resultado dos mapas, e uma evolução no domínio do campo conceitual da Radiação a partir da

análise exemplificada de duas situações, das avaliações qualitativas das UEPS e dos resultados dos mapas conceituais presentes no estudo de caso 2.

Os resultados obtidos com os mapas demonstraram que, efetivamente, a inserção de diferentes radiações integradas aos conteúdos clássicos, através da metodologia da UEPS, conduziu a uma aprendizagem por parte dos alunos, indicando fortes indícios de aprendizagem significativa, bem como uma evolução no domínio do campo conceitual. Cabe frisar a importância das questões-chaves aplicadas antes das situações, as quais tiveram como objetivo explorar os conhecimentos prévios e introduzir a temática que envolveria a implementação das UEPS.

Também foram analisadas algumas situações iniciais da segunda UEPS, as quais foram publicizadas no Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC) 2017, pelo trabalho intitulado “O estudo da luz visível no ensino médio a partir do campo conceitual de Vergnaud” (anexo 4), e o trabalho intitulado “A compreensão dos conceitos de Radiação Eletromagnética no Ensino Médio à luz dos Campos Conceituais de Vergnaud”, apresentado recentemente na 10ª edición del Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencia, em Sevilha (anexo 5).

Outro aspecto importante que deve ser ressaltado quando da utilização das UEPS, foi a participação ativa dos sujeitos da pesquisa, quando envolvidos em tarefas individuais ou em grupos, proporcionando um maior diálogo entre os estudantes, juntamente com a diversidade de estratégias utilizadas, buscando sempre proporcionar situações diferenciadas para um mesmo campo conceitual.

Permanecem como perspectiva de continuidade da pesquisa identificar quais são os invariantes operatórios dos alunos nas diferentes radiações implementadas, em diferentes situações nas três UEPS, e fazer a articulação destes invariantes para determinar um possível domínio do campo conceitual da Radiação.

Por fim, acreditamos que esta pesquisa cumpriu com seus objetivos, e possa servir de incentivo para a busca e implementação de novas metodologias didáticas ancoradas em teorias de aprendizagem nas mais variadas áreas de ensino.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRIC, J.C. A abordagem estrutural das Representações Sociais. In: MOREIRA, A. SP; OLIVEIRA, D.C. (org.). Estudos Interdisciplinares de representação social. 2.ed. Goiânia: AB, 2000. p.27-37, 2000.

_____. *Prácticas sociales y representaciones*. México: Ediciones Coyoacán. 2001.

_____. O estudo experimental das representações sociais. In D. Jodelet (Org.). As representações sociais. (pp. 155-171). Rio de Janeiro: UERJ. 2001.

_____. L'analyse structurale des representations, in S. Moscovici (éd.). *Méthodologie des sciences sociales*. Paris : PUF. 2003.

ARRUDA, A. Teoria das Representações Sociais e Teorias de Gênero, Cadernos de Pesquisa, n. 117, p. 127-147, novembro/ 2002.

AUSUBEL, D. Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Paralelo, 2000.

BARCELLOS, P. A. O.; AZEVEDO JUNIOR, S. M.; MUSIS, C. R.; BASTOS, H. F. B. N. As representações sociais dos professores e alunos da Escola Municipal Karla Patrícia, Recife, Pernambuco, sobre o manguezal. *Ciência & Educação*, v. 11, n. 2, p. 213-222, 2005.

BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70. 2011.

BERTOLINO, O. C. K. Representações Sociais de Médicos e Enfermeiros sobre a Distanásia em UTI, Dissertação de Mestrado, UFSM, 2009.

BONA, V. de. Representações sociais de autonomia e o uso das tecnologias na prática docente. 261f. Tese (Doutorado em Educação) –Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretária de Ensino Básico. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Lei 9.394, de 2012/1996.

_____. Ministério da Educação, Secretária de Ensino Básico. Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio. Ensino Médio. Brasília, 2000.

_____. Ministério da Educação, Secretária de Ensino Básico. Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Brasília, 2002.

_____. “Base nacional comum curricular (BNC)”. Ministério da Educação: MEC, 2015. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br>.

BROCKINGTON, G. A Realidade escondida: a dualidade onda-partícula para alunos do Ensino Médio. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências). Curso de Pós-Graduação em Ensino de Ciências – IF/IQ/FE-USP. São Paulo, 2005.

BROCKINGTON, G.; PIETROCOLA, M. Serão as Regras da Transposição Didática Aplicáveis aos Conceitos de Física Moderna?. *Investigações em Ensino de Ciências* (Online), UFRGS - Porto Alegre - RS, v. 10, n. 3, p. 387-404, 2005.

BUZAN, T. Mapas mentais e sua elaboração: um sistema definitivo de pensamento que transformará a sua vida” / Tony Buzan; tradução Euclides Luiz Calloni, Celusa Margô Wosgrau, São Paulo, Cultrix.2005.

CABANELLAS, S., DOMINO, M., MASSA, M., Representaciones de la Física em estudiantes de Ingenieria Um análises estructural, *Revista de Enseñanza de la Física*, v.23, ,2010.

CALHEIRO, L. B. Inserção de tópicos de física de partículas de forma integrada aos conteúdos tradicionalmente abordados no ensino médio (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: química da vida e saúde. 2014

CAMPOS, P. H. F. A abordagem estrutural e o estudo das relações entre práticas e representações sociais. In P. H. F. Campos & M. C. da S. Loureiro. (Orgs.). *Representações sociais e práticas educativas*. (pp. 22-36). Goiânia: UCG.2003.

CAVALCANTE, C. V. G.; CHAPANI, D. T.; SENA, V. da S.; DAMASCENO, J. S.; ALEXANDRE, E. S.; MATIAS, W. B. Representações de um grupo de docentes sobre drogas: alguns aspectos. *Rev. Ensaio – Pesq. Educ. Ciênc.*, v. 7, n. 2, 2005.

COMIOTTO, T., A construção de um instrumento para análise das representações sociais de docentes engenheiros quanto a CTS, *R. bras. Ens. Ci. Tecnol.*, Ponta Grossa, v. 3, n. 1, 2010.

CONTRERAS, Y. A., Representaciones sociales de la crisis ambiental en futuros profesores de química, *Ciências & Educação*, v.22, 2016.

CRESWELL, J. W. Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto. Porto Alegre: Artmed, 2007

CUNHA, A. C. ; BARROS, R. M. O. ; RAPCHAN, E. S. . Algumas concepções dos tutores do curso normal superior na modalidade EAD acerca do ensino de geometria. *Investigações em Ensino de Ciências* (Online) , v. 15, p. 575-590, 2011.

DEBOM, CAMILA RIEGEL ; MOREIRA, MARCO ANTONIO . Mapas mentais em temáticas da astronomia: percepções e implicações para o ensino.. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia* , v. 9, p. 250-267, 2016.

DOCIO, L. ; RAZERA, J. C. C. ; PINHEIRO, U. S. Representações sociais dos moradores da Baía de Camamu sobre o Filo Porifera. *Ciência e Educação* (UNESP) , v. 15, p. 613-629, 2009.

FALCAO, E. B. M.; ROQUETTE, G. As representações de natureza e sua importância para a educação ambiental:uma pesquisa em quatro escolas. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, Belo Horizonte, v. 9, n. 1, 2007.

FONSECA, C. V. ; LOGUERCIO, R. de Q. . Representações sociais da Nutrição: proposta de produção de material didático de Química. *Investigações em Ensino de Ciências (Online)* , v. 18, p. 407, 2013.

GIL, A.C. *Como Elaborar Projetos de Pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GRAÇA, M.M.; Moreira, M.A e C. CABALLERO C. Representações sobre amatemática, seu ensino e aprendizagem: um estudo exploratório. *Investigações em Ensino das Ciências*, 9, 1, 37-93, 2004.

GRAÇA, M. M. e MOREIRA, M. A. Representações sociais sobre amatemática, seu ensino e aprendizagem: um estudo com professores do ensino secundário. *Abrapec*, 4, 3, 41-73, 2004.

GRIEBELER, A. Inserção de Tópicos de Física Quântica no Ensino Médio através de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa; Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.

GARELLI, F., MENGASCINI, A., CORDERO, S., DUMRAUF, A., Formación docente y representaciones sobre Salud: caminos para la Educación en Salud desde una mirada crítica, *Revista Ensaio*, v.19, 2017.

GUIMARÃES, a. V. Uma análise sobre a física moderna no ensino médio. Monografia apresentada ao curso de Graduação em Licenciatura em Física do Centro de Ciências e Tecnologias da Universidade Estadual do Ceará— Fortaleza, 2011.

GUIRADO, A., OLIVEIRA, A., MAZZITELLI, C. y AGUIAR, S. Cual es la representacion que tienen los docentes acerca de se um buen alumno de física y parender física? *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 9, 618-632, 2010.

GUIRADO, A., MAZZITELLI, C., OLIVERA, A. y QUIROGA, D. Relaciones entre las representaciones de los alumnos acerca de la enseñanza y el aprendizaje de la Física y de la Química y la práctica docente. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2), pp. 347-361, 2013.

GURRIERI, C., WOLTER, R. P., & SORRIBAS, E. (2007). L'implication personnelle: un outil psychosocial pour comprendre le lien population-objet. *Psicologia em Estudo*, 12, 423-432. 2007.

HEWITT, P. G. *Conceptual physics* - The high school physics program. 11ªed. São Francisco: Addison-Wesley, 2011.

HILGER, T.R. Representações sociais de Física Moderna e Contemporânea. Porto Alegre: UFRGS. Tese de doutorado, 2013.

_____. Aprendizagem significativa e representações sociais: aproximações teóricas. *Aprendizagem Significativa em Revista* , v. 6, p. 1-19, 2016.

HILGER, T. R. ; MOREIRA, M. A. . A study of social representations of quantum physics held by high school students through numerical and written word association tests. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias (En línea)* , v. 8, p. 52-61, 2013.

_____. Uma Revisão de Literatura sobre Trabalhos em Representações Sociais relacionados ao Ensino de Física. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 16, p. 167-186, 2016.

HILGER, T. R. ; MOREIRA, M. A. ; SILVEIRA, F. L. . Estudo de Representações Sociais sobre Física Quântica. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, v. 2, p. 454, 2009.

HILGER, T. R. ; STIPCICH, M. S. ; MOREIRA, M. A. . Representações Sociais sobre Física Quântica entre estudantes de graduação brasileiros e argentinos. *LATIN - AMERICAN JOURNAL OF PHYSICS EDUCATION*, v. 1, p. 1303-1-1303-9, 2017.

JODELET, D.; Representações sociais: um domínio em expansão. In D. Jodelet (Ed.), *As representações sociais* (pp. 17-44). Rio de Janeiro: UERJ, 2001.

JOVICHELOVITCH, S. Os contextos do saber: representações, comunidade e cultura. Petrópolis: Editora Vozes, 2008.

JUNIOR, P. D. Inovações curriculares em ensino de física moderna: investigando uma parceria entre professores e centro de ciências. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Educação, Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências, São Paulo, 2014.

LACOLLA, L., VILLAFRÁI, J. Á. y VALEIRAS, N. (2014). Reacciones químicas y representaciones sociales de los estudiantes. *Enseñanza de las ciencias*, 32(3), 89–109. 2014

LIMA, M. C. A. B.; MACHADO, M. A. D. As representações sociais dos licenciandos em Física referentes à inclusão de deficientes visuais. *Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 13, n. 3, p. 119-131, 2011.

MAGALHÃES JÚNIOR, C.A.O.; LORENCINI JÚNIOR, A.; CORAZZA, M. J. Representações sociais de pós-graduandos sobre “ser professor de ciências”. *Enseñanza de las Ciencias*, v.31, n.1, p. 2070-2074, 2013.

MAGALHÃES JÚNIOR, C. A.O. TOMANIK, E. A., Representações sociais e direcionamento para a educação ambiental na reserva biológica das perobas, Paraná. *Investigações em Ensino de Ciências*. Porto Alegre, n.1, v.17, p. 227-248. Maio, 2012.

_____. Representações sociais de meio ambiente: subsídios para a formação continuada de professores. *Ciência & Educação*. v. 19, n. 1, p. 181-199. 2013.

MARCHAND, P., & RATINAUD, P. L'analyse de similitude appliqueé aux corpus textuelles: les primaires socialistes pour l'election présidentielle française. In *Actes des 11eme Journées internationales d'Analyse statistique des Données Textuelles*. JADT 2012 (pp. 687-699), 2012.

MARTINHO, L. R. e TALAMONI, J. L. B. Representações sobre meio ambiente de alunos da quarta série do Ensino Fundamental. *Ciênc. educ. (Bauru)* [online]. 2007, vol.13, n.1, pp.1-13., 2007.

MATEU, M. ; MOREIRA, M. A. . Cuando las canciones hablan de Genética. Las representaciones sociales y su impacto en el aprendizaje de ciencias. *Investigações em Ensino de Ciências (Online)* , v. 19, p. 565-576, 2014.

MAZZITELLI, C. A. Las representaciones sociales en la formación docente inicial. *Revista de enseñanza de la física*. 27(1), 191-198, 2015.

MAZZITELLI, C. y APARICIO, M. Las actitudes de los alumnos hacia las Ciencias Naturales, en el marco de las representaciones sociales, y su influencia en el aprendizaje. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 8 (1), Artículo 11, En: <http://www.saum.uvigo.es/reec>. 2009.

MAZZITELLI, C. A., MATURANO, C., ZORRILLA, E. y OLIVERA, A., Las reacciones nucleares y las reacciones químicas em las representaciones sociales de futuros docentes de ciências, *Revista Enseñanza de la Física*, v.29, 2017.

MEDEIROS, C. F.; MEDEIROS, A.(2002) Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 24, n. 2, p. 77-86.

MELO, É. G. S. ; TENORIO, A. C. ; ACCIOLY JR., H. . Representações Sociais de Ciências de um Grupo de Licenciandos em Física. REEC. REVISTA ELECTRÓNICA DE ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS , v. 9, p. 457-466, 2010.

MIRANDA, E. S.; SCHALL, V. T. e MODENA, C. M.. Representações sociais sobre educação ambiental em grupos da terceira idade. *Ciênc. educ. (Bauru)* [online]. 2007, vol.13, n.1, pp.15-28, 2007.

MIRANDA, C. L. ; REZENDE, D. B. ; LISBOA, J. C. F. . A Licenciatura e a construção das representações sociais sobre ser professor de Química. *Investigações em Ensino de Ciências (Online)* , v. 20, p. 01-11, 2015.

MONROE, N. B. ; LEITE, P. R. R. ; SANTOS, D. N. ; SÁ-SILVA, J. R. . O tema transversal saúde e o ensino de ciências: representações sociais de professores sobre as parasitoses intestinais. *Investigações em Ensino de Ciências (Online)* , v. 18, p. 7-22, 2013.

MONTEIRO et al. Física Moderna e Contemporânea no ensino médio e a formação de professores: desencontros com a ação comunicativa e a ação dialógica emancipatória, REIEC Volume 8. 2012.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa: um conceito subjacente. In: Moreira, M. A.; Caballero Sahelices, C.; Palmero M. L. Rodríguez (Eds.) *Encuentro Internacional sobre Aprendizaje Significativo*, 2. Actas... Universidad de Burgos, 1997

_____. A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7 (1), 7-29. 2002.

_____. Mapas conceituais e diagramas V. Porto Alegre: Ed. do Autor.2006

_____. Aprendizagem Significativa Crítica. Atas do III Encontro Internacional sobre

Aprendizagem Significativa, Lisboa (Peniche), 11 a 15 de setembro de 2000. 2. ed. 2010.

_____. Unidades de Ensino Potencialmente Significativas in Aprendizagem Significativa em *Revista/Meaningful Learning Review* – V1(2), pp. 43-63. 2011.

_____. O que é afinal Aprendizagem significativa? Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 23 de abril de 2020. Aceito para publicação, Currículum, La Laguna, Espanha, 2012

_____. Organizadores Prévios e Aprendizagem Significativa. *Revista Chilena de Educación Científica*, ISSN 0717-9618, Vol. 7, Nº. 2, 2008 , pp. 23-30. Revisado em 2012a.

_____. Palestra: Grandes desafios para o ensino da Física na educação contemporânea. Guayaquil, Equador: 11ª Conferência Interamericana sobre Enseñanza de la Física, 2014.

MOREIRA, M. A.; MASINI E.F.S., Aprendizagem Significativa – A Teoria de David Ausubel. 4ª edição. Editora Centauro, São Paulo, 2011.

MOREIRA, M. A. ; HILGER, T. R. ; PRASS, A. R. . Representaciones sociales de la Física y de la Mecánica Cuántica. *Revista de Enseñanza de la Física* , v. 22, p. 15-30, 2009.

MORIN, M., & VERGÈSe, P. Enquête sur une représentation en voie d'émancipation: le sida pour les jeunes. *Cahiers Internationaux de Psychologie Sociale*, 15, 46-75. 1992.

MOSCOVICI, S. A representação social da psicanálise. Tradução de Cabral. Rio de Janeiro: Zahar, 1978.

_____. O fenômeno das representações sociais. In S. Moscovici (Ed.), *Representações sociais: investigações em psicologia social* (pp. 29-109). Petrópolis: Vozes 2003

_____. *Representações sociais: investigações em psicologia social*. Rio de Janeiro: Vozes, 2005.

NOVAK, J.D. e GOWIN, D.B. Aprender a aprender. 1ª ed. em português. Lisboa: Plátano Edições Técnicas. 212p, 1984.

NUNES, A. L. B. P. ; CUNHA, A. M. O. ; MARCAL JUNIOR, O. . Coletores de Lixo e Enteroparasitoses: o papel das representações sociais em suas atitudes preventivas. *Ciência e Educação (UNESP. Impresso)* , v. 12, p. 25-38, 2006.

OLIVEIRA, G. A. ; BELLINI, L. M. ; LARA, R. M. . Entre Representações e Discursos: Os Sentidos da Matemática Escolar nas Formulações de Docentes. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências (Online)* , v. 16, p. 15-32, 2014.

OLIVERA, A. C., MAZZITELLI, C. A. y GUIRADO, A. M., El conocimiento construido por los alumnos en las clases de Química, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 14, n 1, 2015.

OLIVEIRA, F. F.; VIANNA D. M.; GERBASSI. R. S. Física Moderna no ensino médio: o que dizem os professores. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. v.29, n.3, p.447-454, 2007.

OSTERMANN, F. Um texto para professores do ensino médio sobre partículas elementares. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 21, n. 3, p. 415-436, set. 1999.

_____. Tópicos de Física Contemporânea em escolas de nível médio e na formação de professores de Física. Tese de Doutorado. Instituto de Física – UFRGS. 2000.

OSTERMANN, F., CAVALCANTI, C. J. H. Física moderna e contemporânea no ensino médio: elaboração de material didático, em forma de pôster, sobre partículas elementares e interações fundamentais. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 16, n. 3, p. 267-286, dez. 1999.

_____. Teorias de Aprendizagem. Disponível [www.ufrgs.br/uab/informacoes/publicacoes/ materiais-de-fisica-para](http://www.ufrgs.br/uab/informacoes/publicacoes/materiais-de-fisica-para-educacao-basica/teorias_de_aprendizagem_fisica) educacao básica /teorias_de_aprendizagem_fisica. Pdf. 2010.

OSTERMANN, F. e MOREIRA, M. A. Uma Revisão Bibliográfica sobre a Área de pesquisa Física Moderna e contemporânea no Ensino Médio; *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, 2000.

_____. Atualização do currículo de física na escola de nível médio: um estudo dessa problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores. In: *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.18, n.2, p. 135 – 151, Ago. 2001.

OSTI, A. Dificuldade de Aprendizagem, Afetividade e Representações Sociais: Reflexões para formação docente. Paco Editorial. 2012.

PEREIRA, O. da S. Raios cósmicos: introduzindo física moderna no 2º grau. São Paulo: Instituto de Física e Faculdade de Educação – USP, 1997. Diss. maestr. Ensino de Ciências.

PINHEIRO, L. A. Partículas elementares e interações fundamentais no ensino médio. 2011. 313p. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, 2011.

PONTE, C. y CABELLERO. C. Representaciones sociales de la práctica del reciclaje de los estudiantes del Instituto Pedagógico de Caracas. *Revista Enseñanza de las Ciencias*. Número Extra. VII Congreso:1-5, 2005.

RATINAUD, P., & MARCHAND, P. Application de la méthode ALCESTE à de "gros" corpus et stabilité des "mondes lexicaux": analyse du "Cable-Gate" avec IraMuTeQ. In: *Actes des 11eme Journées internationales d'Analyse statistique des Données Textuelles* (pp. 835-844). 2012.

REIGOTA, M. Meio ambiente e representação social. 8 ed. São Paulo: Cortez, 2010.

RICARDO, E. C.; FREIRE, J. C. A. A concepção dos alunos sobre a Física do ensino médio: um estudo exploratório. *Revista brasileira de ensino de Física*, v. 29, n. 2, p. 251- 36 256, 2007.

ROSA, R.T.N.e LORETO, É.L.S.;Análise, através de mapas conceituais, da compreensão de alunos do ensino médio sobre a relação DNA-RNA-Proteínas após o acesso ao GenBank. *Investigações em Ensino de Ciências*. v.18(2), pp 385-405, 2013.

SÁ, C. P. Núcleo central das representações sociais. Rio de Janeiro: Vozes, 1998

_____. O campo de estudos das representações sociais. In C. P. Sá. *Núcleo central das representações sociais* (2a. ed., pp. 29-50). Petrópolis: Vozes.2002.

SALAMANCA-ÁVILA, M. E. , BORGHT, C. V.; FRENAY, M.e HANCE, T., Exploration de la structure et du contenu de la représentation de l'écologie, commune à une cohorte d'étudiants *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Volumen 12 Número 3*, 2013.

SANTANA, E. M. ; PASSOS, C. R. S. . Representações Sociais de professores em formação continuada sobre o termo jogo no ensino de ciências. *Enseñanza de las Ciencias* , v. extra, p. 2667, 2013.

SCHWARZ, M. L.; SEVEGNANI, L.; ANDRÉ, P. Representações da Mata Atlântica e de sua biodiversidade por meio dos desenhos infantis. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 13, n. 3, p. 234-246, 2007.

SCHWARZ, M. L.; HERRMANN, T. M. ; TORRI, M. C. ; GOLDBERG, L. 'Chuva, como te queremos!': representações sociais da água através dos desenhos de crianças pertencentes a uma região rural semiárida do México. *Ciência & Educação*, v. 22, p. 651-669, 2016.

SILVA, F. D. A. y CUNHA, A. M. O. Representações sociais de professores da Educação Infantil sobre o desenvolvimento da prática pedagógica em meio ambiente. *Ciênc. educ.* (Bauru), vol.22, n.4, 2016.

SILVA JUNIOR, A. G.; TENÓRIO, A. C.; BASTOS, H. F. B. N. O perfil epistemológico do conceito de tempo a partir de suas representações sociais. *Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 9, n. 2, p. 162-176, 2007

SILVA, A. M. T. B; MAZZOTTI, T. B. A Física pelos professores de Física: a contribuição da teoria das representações sociais. *Ciência & Educação*, v. 15, n. 3, p. 515-528, 2009.

SILVA, A.M. ; QUEIROZ, G.R.P.C. . O que dizem os professores acerca da qualidade de ensino de Ciências: uma análise a partir das Teoria das Representações Sociais. *Enseñanza de las Ciencias* , v. Extra, p. 3531-3535, 2013.

TELICHEVESKY, L. Uma perspectiva sociocultural para a introdução de conceitos de física quântica no ensino médio: análise das interações discursivas em uma unidade didática centrada no uso do interferômetro virtual de Mach-Zehnder. 192p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, IF, UFRGS, 2015.

TERRAZZAN, E. A. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 209-214, dez. 1992.

_____. Perspectivas para a inserção de física moderna na escola média. São Paulo: Curso de Pós-Graduação em Educação - USP, 1994. Tese.

TOLENTINO, P. C.; ROSSO, A. J. As Representações Sociais dos Licenciandos em Ciências Biológicas sobre o Ser Biólogo e o Ser Professor. *Revista Ensaio*, Belo Horizonte, v.16, n. 03, p. 15-33, set./dez. 2014.

TRINDADE, O. S. N.; SILVA JUNIOR, J. C.; TEIXEIRA, P.M.M., Um estudo das representações sociais de estudantes do ensino médio sobre os insetos, *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências (Online)*, v. 14, p. 37-50, 2012.

VALENÇA, C. R. ; FALCAO, E. B. M., Teoria da evolução: representações de professores-pesquisadores de Biologia e suas relações com o ensino médio. *REEC. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* , v. 11, p. 471-486, 2012.

VERGNAUD, G. Quelques problèmes théoriques de la didactique a propos d'un exemple: les structures additives. *Atelier International d'Eté: Recherche en Didactique de la Physique*. La Londe les Maures, França, 26 de junho a 13 de julho 1983.

_____. La théorie des champs conceptuels. *Récherches en Didactique des Mathématiques*, 10(23): 133-170, 1990.

_____. Teoria dos Campos Conceituais. *In: Nasser, L. (Ed.) Anais do 1º Seminário Internacional de Educação Matemática do Rio de Janeiro*, p. 1 - 26. Rio de Janeiro, 1993.

_____. A comprehensive theory of representation for mathematics education. *Journal of Mathematical Behavior*, 17(2): 167-181.1998.

_____. Esquemas operatórios de pensamento: uma conversa com Gérard Vergnaud. G. *In: Grossi, E. P. Ensinando que todos aprendem: fórum social pela aprendizagem* (pp. 85-100)Porto Alegre: GEEMPA, 2005.

VERGÉS, P., Ensemble de programmes permettant l'analyse des evocations: Manuel version 2. Aix-en-Provence: LAMES, 1999.

VYGITSKY, L.S. A formação social da mente. São Paulo: Martins Fontes. 2ª ed. brasileira. 168p, 1988.

WACHELKE, J. F. R. Índice de centralidade de representações sociais a partir de evocações (INCEV): exemplo de aplicação no estudo da representação social sobre envelhecimento. *Psicologia Reflexão e Crítica*, 22(1), 102-110.2009.

WACHELKE, J. F. R., & WOLTER, R. P. Critérios de construção e relato da análise prototípica para representações sociais. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, 27, 521-526,2011.

WOLTER, R. P., GURRIERI, C., & SORRIBAS, E. Empirical illustration of the hierarchical organisation of social thought: a domino effect? *Interamerican Journal of Psychology*, 43, 1-11.2009.

YIN, R. K. Estudo de caso: Planejamento e métodos. Porto Alegre, RS: Bookman; 2010.

ZORRILLA, E. , MORALES, L. y MAZZITELLI, C. A. Las PRacticas de laboratorio desde la perspectiva de las representaciones sociales , Revista Enseñanza de la Física, v.29, 2017

APÊNDICES

APÊNDICE A



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
PROGRAMA DE PÓS- GRADUAÇÃO EDUCAÇÃO
EM CIÊNCIAS: QUÍMICA DA VIDA E SAÚDE



CARTA DE APRESENTAÇÃO PARA CONCESSÃO DE PESQUISA

Ao Professor Diretor da Escola Estadual de Educação Básica Augusto Ruschi

Prezado Diretor Danclar Jesus Rossato

Vimos, por meio desta, solicitar a concessão para a implementação do projeto de pesquisa, intitulado “AS REPRESENTAÇÕES SOCIAIS DA RADIAÇÃO NO CONTEXTO DO ENSINO MÉDIO E A SUA ARTICULAÇÃO COM OS CAMPOS CONCEITUAIS DE VERGNAUD”, que gostaríamos de realizar nesta instituição de ensino. Para tanto faremos uma breve descrição do que consiste o trabalho, seus objetivos, procedimentos e possível participação de alunos e familiares, para sua apreciação. Desde já agradecemos pela colaboração e atenção.

Pesquisadora Responsável: Professora Lisiane Barcellos Calheiro

Contato: 55- 81251115 E-mail: lisbarcellos@hotmail.com

ORIENTAÇÃO: Professor Dr. José Claudio Del Pino

Os objetivos do presente projeto visam investigar, identificar, descrever e analisar, no contexto escolar, as Representações Sociais das diversas formas de Radiações, bem como fazer uma intervenção didática através de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas.

Os benefícios consistem em desenvolver no Ensino Médio, unidades de ensino sobre o tema Radiação, procurando relacionar a Física com a vivência do cotidiano, analisar as estratégias e as mudanças das Representações Sociais sobre o tema e os conteúdos abordados.

Pretende-se que este trabalho traga contribuições importantes para o Ensino de Ciências e para a aprendizagem dos estudantes desta escola.

Colocamo-nos à disposição para quaisquer esclarecimentos.

Atenciosamente,

Doutoranda Lisiane Barcellos Calheiro Orientador José Claudio Del Pino

APÊNDICE B



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO
PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO E
ENSINO DE CIÊNCIAS
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARE**



Título da pesquisa: “AS REPRESENTAÇÕES SOCIAIS DA RADIAÇÃO NO CONTEXTO DO ENSINO MÉDIO E A SUA ARTICULAÇÃO COM OS CAMPOS CONCEITUAIS DE VERGNAUD”

Pesquisadora: Professora Lisiane Barcellos Calheiro

Orientador: Professor Doutor José Claudio Del Pino

Prezados Pais e Alunos

Vocês estão sendo convidados a participar de uma pesquisa sobre o estudo das Representações Sociais das Radiações no contexto escola-família, a ser implementada no Ensino Médio.

A pesquisa visa avaliar o uso de estratégias didáticas diferenciadas sobre o tema Radiação, com o objetivo de integrar alunos e familiares com conteúdos do Ensino de Ciências relacionados ao dia a dia do estudante e sua família. Outro objetivo que contempla a pesquisa diz respeito à elaboração e estruturação de planejamentos didáticos que abordem o tema Radiação, bem como o desenvolvimento deste tema em aulas de Física no Ensino Médio.

Os benefícios da pesquisa consistem em desenvolver no Ensino Médio conteúdos de Física procurando relacioná-los com a vivência do cotidiano, e do ponto de vista de habilidades e competências desenvolver capacidades de trabalho em grupo, elaboração de hipóteses e de explicações para as situações apresentadas, colocando o centro de aprendizagem no aluno, ou seja, que ele seja participante ativo no processo de ensino-aprendizagem.

Os pesquisadores do presente projeto se comprometem a preservar a privacidade dos alunos e familiares cujas informações serão coletadas, e têm assegurado o sigilo e a privacidade das informações, bem como retirar o consentimento em qualquer tempo, se assim desejarem, sem qualquer prejuízo.

Esta pesquisa não implica em riscos aos alunos participantes.

Eu, _____, permito que a professora Lisiane Barcellos Calheiro obtenha fotografia, filmagem ou gravação de voz do aluno (a) _____ para fins de pesquisa científica/ educacional. Concordo que o material e as informações obtidas possam ser publicados em aulas, congressos, eventos científicos, palestras ou periódicos científicos.

Ressalto que o conteúdo das referidas filmagens ou gravações de voz será somente por mim analisado e estará à disposição dos participantes a qualquer momento. Somente em caso excepcional o conteúdo dessas filmagens poderá ser submetido análise da banca examinadora da minha defesa de tese de doutorado, mediante solicitação específica.

Santa Maria, RS, _____ de _____ de 201__

Assinatura do Responsável

Assinatura do Aluno(a)

Orientador: José Claudio Del Pino

Doutoranda: Lisiane Barcellos Calheiro

APÊNDICE C

ESCOLA ESTADUAL DE EDUCAÇÃO BÁSICA AUGUSTO RUSCHI

Este questionário faz parte de uma pesquisa de doutorado, do programa de Pós- Graduação em Educação em Ciências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Sua colaboração ao preencher este questionário, contribuirá para esta pesquisa.

As respostas deste questionário servirão de base para elaborar estratégias de ensino que consideram as ideias e as necessidades que os alunos possuem em relação a suas aprendizagens. Sua participação é voluntária e seus dados serão utilizados de forma anônima.

Perfil Socioeducacional dos Sujeitos

1. Nome:_____ 2. Idade:_____
3. Série:_____ 4. Turma:_____ 5. E-mail:_____
6. Endereço:_____ 7. Bairro:_____
8. Cidade onde nasceu:_____
9. Além do Ensino Médio, qual outro tipo de atividade você realiza? () Não realizo () Sim, realizo.
 () Curso técnico. Qual?_____ () Curso pré-vestibular
 () Trabalho. Qual turno?_____ () Outros. Qual?_____
10. Quais são as duas disciplinas que você MAIS gosta de estudar?

11. Quais são as duas disciplinas que você MENOS gosta de estudar?

12. Você já reprovou algum ano?_____
- Motivo:_____
13. Nome da Mãe:_____ Idade:_____
14. Escolaridade da Mãe
 () não frequentou a escola () ensino médio incompleto
 () ensino fundamental incompleto () ensino médio completo
 () ensino fundamental completo () superior incompleto () superior completo
15. Profissão da Mãe:_____
16. Nome do Pai:_____ Idade:_____
17. Escolaridade do Pai
 () não frequentou a escola () ensino médio incompleto
 () ensino fundamental incompleto () ensino médio completo

() ensino fundamental completo () superior incompleto () superior completo

18. Profissão do pai: _____

19. Você participa de algum grupo social?

() Banda/ grupo musical () grupo de igreja () Coral () ONGs
 () Equipe esportiva () Movimento estudantil () Sociedade de bairro
 () Outro. Qual? _____

20. Tipo de lazer que pratica com maior frequência? (assinale no máximo 5 itens)

() assistir televisão () ir ao cinema () ir ao teatro () internet
 () assistir ao shopping () sair para dançar () ler livro () viajar
 () jogar videogame () ler jornal () ler revistas () praticar esportes
 () Outro. Qual? _____

21. Além dos livros escolares você lê outros tipos de livros? () sim () não

Escreva o nome dos últimos 5 livros que tenha lido.

_____, _____, _____,
 _____, _____

22. Você gosta de ler revistas ou jornais? () sim () não

Escreva o nome das revistas e dos jornais que mais gosta de ler.

_____, _____, _____,
 _____, _____

23. Escreva o nome dos programas de televisão de que você mais gosta e assiste.

_____, _____, _____,
 _____, _____

24. Você tem computador? () sim () não

25. Acesso a internet ? () sim () não

26. Quanto tempo por dia fica no computador? _____

27. Escreva o nome dos *sites* que você mais acessa quando está navegando na *internet*.

_____, _____, _____,
 _____, _____

28. Você tem horário de estudo em casa? () sim () não

29. Quanto tempo se dedica aos estudos em casa? _____

30. Você pretende prestar vestibular/ ENEM no futuro? _____

31. Em quais atividades você se sente mais motivado e/ou que mais facilitam sua aprendizagem? (coloque a relevância do uso dos recurso e a atividade de acordo com a legenda)

- a) () quadro e Giz b) () data show c) () livro didático
 d) () folhas impressas e) () experimentos
 f) () vídeos
 g) () atividades laboratório de informática

h) jogos didáticos

i) () apresentação de trabalhos pelos alunos

j) () atividades em grupo

LEGENDA:

(1) Pouco interesse (2) Médio interesse (3) Interesse (4) Grande interesse

APÊNDICE D**TÉCNICA ASSOCIAÇÃO LIVRE DAS PALAVRAS – TALP**

Este estudo insere-se numa investigação que visa melhorar o processo de ensino-aprendizagem de Física, especialmente a Física das Radiações. Este questionário tem o objetivo de coletar dados que permitam identificar possíveis Representações Sociais do conceito de Radiação que diferentes grupos sociais possam ter, visto que tais representações possam influenciar na aprendizagem de conceitos dessa área.

Desde já agradecemos sua valiosa colaboração e o tempo que irá dedicar a responder este questionário.

Nome: _____ Turma: _____

Código: _____

A - Questão aberta

1. O que você entende por Radiação ? Explique

B- Técnica de Associação livre das palavras - TALP

1. Escreva 8 (oito) palavras ou expressões, que lhes vêm à lembrança ao pensar sobre **Radiação**.

_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Hierarquização das Palavras

Este estudo insere-se numa investigação que visa melhorar o processo de ensino-aprendizagem de Física, especialmente a Física das Radiações. Este questionário tem o objetivo de coletar dados que permitam identificar possíveis Representações Sociais do conceito de Radiação que diferentes grupos sociais possam ter, visto que tais representações possam influenciar na aprendizagem de conceitos dessa área.

A - *Classifique as palavras evocadas no TALP por grau de importância de 1 a 8, sendo que no grau 1 para palavra que mais representa **Radiação** para você e no grau 8 a que menos representa.*

1- _____

Explique: _____

2- _____

Explique: _____

3- _____

Explique: _____

4- _____

Explique: _____

5- _____

Explique: _____

6- _____

Explique: _____

7- _____

Explique _____

8- _____

Explique _____

APÊNDICE F

ROTEIRO PARA AULA COM SIMULAÇÃO ONDAS

OBJETIVO

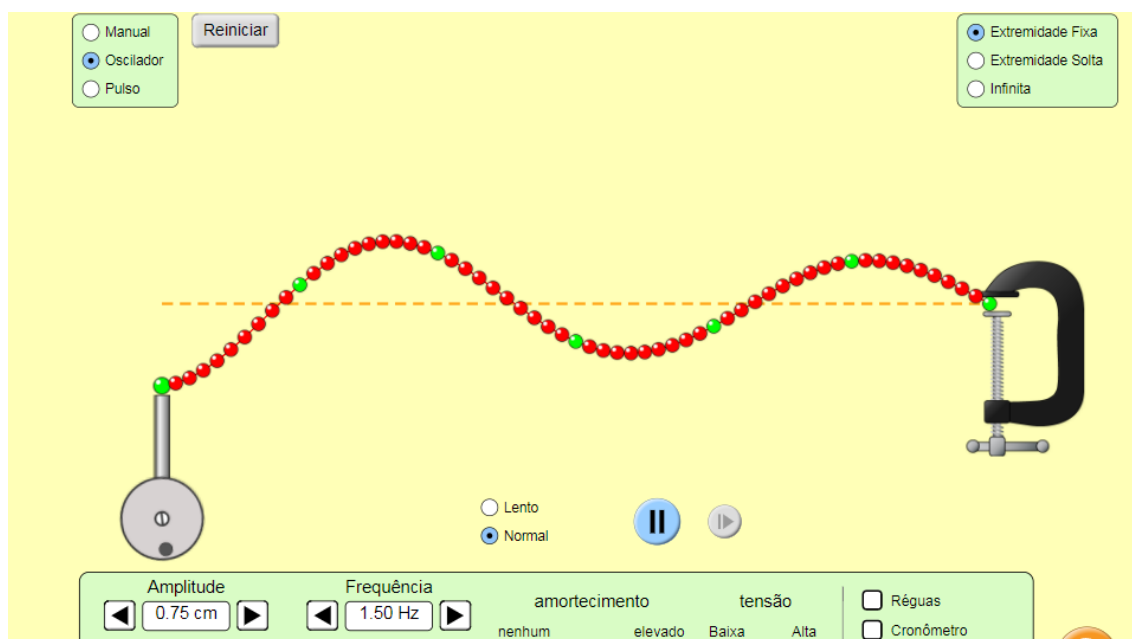
- Revisar conceitos relacionados a ondas

SIMULAÇÃO

Acessar o site: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/wave-on-a-string

EXPLORANDO A SIMULAÇÃO EM DUPLAS

1º Verifique a caixa verde no canto esquerdo esteja configurada para oscilar e a caixa à direita não.



2º Trabalhe com a amplitude. O que acontece quando com a onda na corda quando você aumenta e diminui a amplitude? Faça um desenho e explique com suas palavras.

3º Repita o procedimento anterior com a frequência.

4º Ajuste a frequência e amplitude e meça o comprimento de onda. Anote os resultados e discuta-os com o colega. Modifique a frequência e a Amplitude uma de cada vez e responda:

a) o que acontece com o comprimento de onda? Registre os dados e compare.

APÊNDICE G

ROTEIRO PARA AULA COM SIMULAÇÃO

OBJETIVO

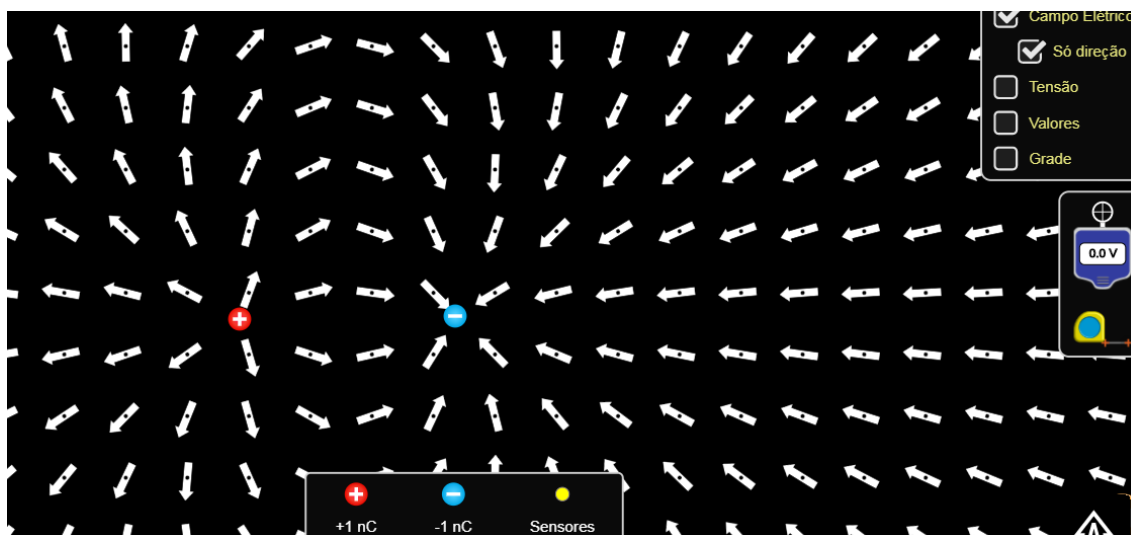
- Explorar os campos elétricos e magnéticos

SIMULAÇÃO

Acessar o site:

EXPLORANDO A SIMULAÇÃO

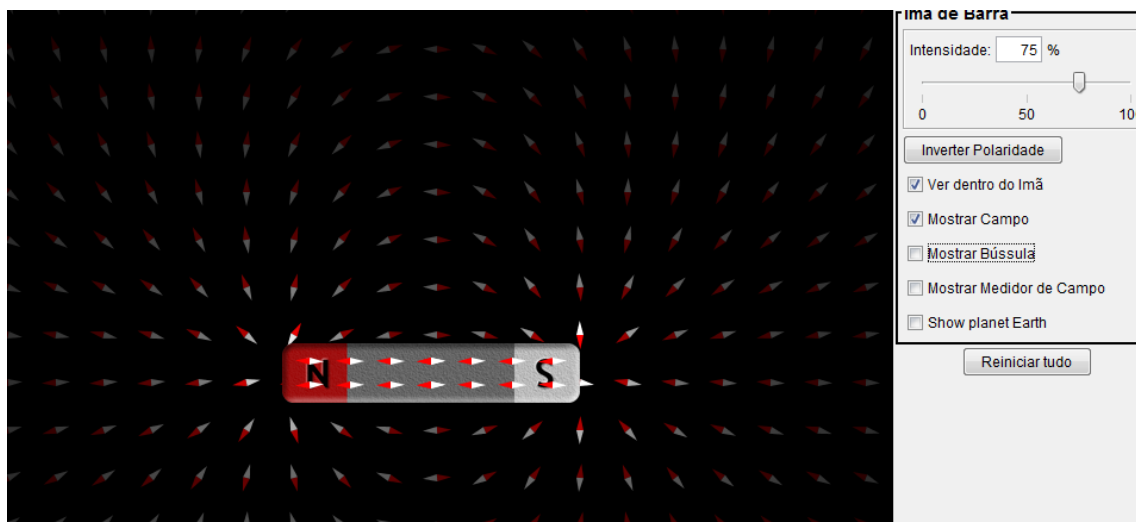
CAMPO ELÉTRICO



PROCEDIMENTOS

- 1º Explorar o campo elétrico:
 - a) Descreva o campo elétrico de uma carga positiva
 - b) Descreva o campo elétrico de uma carga negativa
 - c) Descreva o campo elétrico com:
 - 1 – Duas cargas positivas
 - 2 – Duas cargas negativas
 - 3 – Uma carga positiva e uma negativa
 - 4 – Várias cargas positivas
 - 5 – Várias cargas negativas

CAMPO MAGNÉTICO



PROCEDIMENTOS

1º explorar o campo magnético do imã e explicar:

- a) O campo magnético dentro do imã
- b) O campo magnético fora do imã
- c) Quando invertemos a polaridade como fica os campos dentro e fora do imã.
- d) O que acontece com o campo magnético quando aproximamos o imã de uma bússola? Explique.

APÊNDICE H

Nomes: _____ Turma: _____ Conceito: _____

Situação 1 – Leitura e interpretação do texto

Questões prévias

1. Podemos movimentar um ímã sem tocá-lo? Formule hipóteses
2. Quais os materiais que o ímã pode interagir, além de outro ímã? Formule hipóteses.

Sua Excelência, a Bússola

Orientação é um desporto individual que tem como objetivo percorrer uma determinada distância em terreno variado e desconhecido, obrigado o atleta a passar por determinados pontos no terreno (postos de controlo) e descritos num mapa distribuído a cada concorrente. É permitido o uso de uma bússola. Os tempos gastos para percorrer o trajeto são em função das capacidades físicas dos participantes, do treinamento de leitura de mapas e da rapidez para se orientar utilizando técnicas estabelecidas, assim como, das suas capacidades de adaptação ao terreno e da escolha correta dos itinerários.

Quem não gosta de uma boa aventura?! Uma caminhada no meio da floresta, das montanhas, dos campos. Percorrer caminhos, trilhos, ribeiros sem nos perdermos requer alguma experiência e cuidados.

Os percursos de orientação constituem uma arte muito antiga. Para os nossos antepassados a sua realização era uma necessidade de sobrevivência. Mas, hoje em dia, são efetuados principalmente para fins lúdicos, existindo muitos aparelhos sofisticados que nos orientam na maior parte dos locais da Terra. Os exploradores do Oeste Norte-Americano com grande sentido de orientação eram chamados de "descobridores de caminhos", que era um título honroso. O "sentido de orientação" não é igualmente apurado para todas as pessoas. Para alguns, basta afastarem-se uns metros do caminho principal para se sentirem completamente desorientados e não conseguirem sozinhos retornar ao ponto onde anteriormente estavam. A melhor receita para poderem melhorar os seus desempenhos de orientação é obterem alguns conhecimentos adicionais.

O instrumento de orientação ainda mais utilizado hoje em dia é a bússola. Foi pela primeira vez utilizada pelos marinheiros europeus do século XII. Ela é parecida com um relógio, tendo apenas um ponteiro. (Texto adaptado de: <http://naturlink.sapo.pt/Lazer/Turismo-na-Natureza/content/Sua-Excelencia-a-Bussola?bl=1>)

A partir do texto responda as questões:

1. Como você explicaria o funcionamento de uma bússola?
2. Se for colocada uma bússola perto de um ímã, o que acontecerá com a agulha da bússola?
3. Como desenharia o campo formado ao redor da bússola.
4. Se for colocada uma bússola perto de um fio em que passa corrente elétrica, o que você acha que vai acontecer?

Situação 2 – Atividade Experimental

Materiais

- 1 bússola;
- ímãs;
- Limalha de ferro;
- papel.

Procedimento para realização da atividade- Teste em ímãs

- Testes as hipóteses formuladas por seu grupo e faça um esquema explicando os resultados.
- Coloque o ímã embaixo de um pedaço de papel
- A uma altura de mais ou menos 20 cm, espalhe pitadas de limalha de ferro sobre o papel e observe o que ocorre.
- Movimente vagarosamente o ímã embaixo da cartolina e observe o que acontece com a limalha de ferro. Evite aproximar o ímã da limalha de ferro, pois será difícil limpá-lo.
- Pegue a bússola e passe os diferentes ímãs fornecidos. Observe

Questões:

1. O que você observa ao aproximar as faces dos ímãs?
2. Vire a face de um dos ímãs o que se observa?
3. Quando se joga a limalha em cima do papel o que é observado?
4. Inicialmente aproxime de sua bússola um ímã de barra. O que você observa? Explique as suas experiências com a ajuda de desenhos.
5. Levando em consideração o observado na questão anterior, qual a relação que existe entre a

bússola e o ímã?

6. No seu dia a dia, em que situações observa a presença de ímãs?

Situação 3 - EXPERIÊNCIA DE OERSTED

Materiais:

- 1 bússola
- fio de cobre
- 1 pilhas de diferentes tipos
- Multímetro

Procedimento para realização da atividade -

- 1 - Meça quantos volts tem as diferentes pilhas fornecidas e observe quando aproximar cada uma da bússola.
- 2-Ligue as extremidades do fio aos polos da pilha, para obter uma corrente elétrica que passe através do fio.
- 3 - Aproxime o fio paralelo à agulha da bússola. Repita o movimento para as demais pilhas.
- 4- Inverta o sentido da corrente e aproxime novamente o fio de cobre da bússola

Questões

1. Depois do procedimento acima, o que foi observado ao aproximar a bússola de um fio conduzindo corrente elétrica? Justifique o que você observa durante a passagem da corrente elétrica.
2. Explique o fato da agulha de uma bússola sofrer deflexão, quando a mesma é aproximada de um fio em que há passagem de corrente elétrica.

APÊNDICE I

ROTEIRO SIMULAÇÃO RADIAÇÃO DO CORPO NEGRO

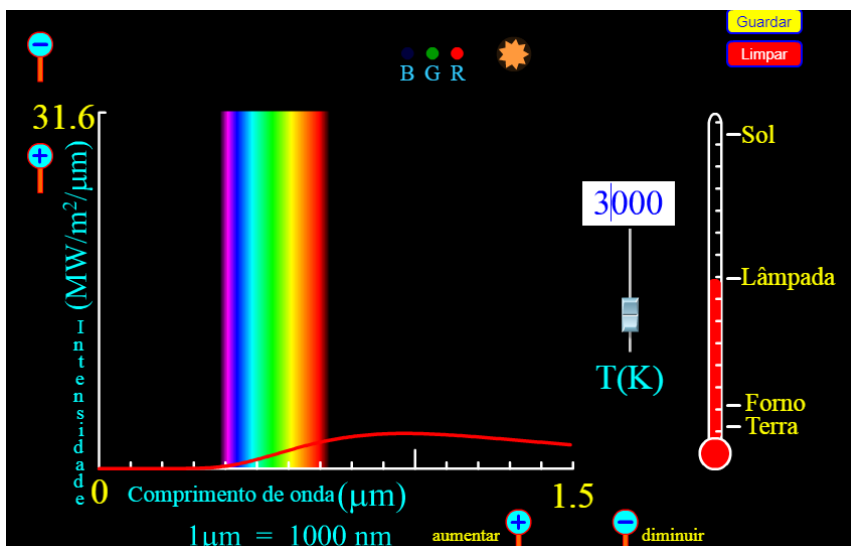
OBJETIVO

- Visualizar o espectro de emissão de luz de um corpo aquecido em diferentes temperaturas.

SIMULAÇÃO

Acessar o site: <https://phet.colorado.edu/pt/simulation/legacy/blackbody-spectrum>

EXPLORANDO A SIMULAÇÃO



Procedimentos:

A – Mova o ícone da temperatura, verifique o que acontece com a frequência e descreva. Após responda as questões abaixo:

1. Quando o corpo está a uma temperatura de 3000 K, qual a cor da região visível que ele emite mais intensamente? E quando está a uma temperatura de 6000K?
2. Faça diferentes medidas de temperatura e diga as cores que estão relacionadas com as temperaturas e que mudanças você observa.

APÊNDICE J

ROTEIRO EXPERIMENTO CORPO NEGRO¹³

Materiais Utilizados

- Duas latas de alumínio iguais
- Tinta preta e branca
- Dois termômetros
- Lâmpada de 100W

Procedimentos

Pinte uma lata de branco, e a outra de preto.

Coloque dentro de cada uma, um termômetro. Eles devem ficar em posições iguais em cada lata. Quando os termômetros marcarem a mesma temperatura, coloque ambas as latas próximas de uma lâmpada (em torno de dez centímetros) de 100 watts ligada.

Verifique antes se as posições das latas e dos termômetros estão simétricas em relação à lâmpada.

A cada minuto verifique a temperatura das duas latas, até que não haja mais aumento de temperatura.

Logo após, remova a lâmpada e anote as temperaturas a cada minuto, novamente.

Faça um quadro comparando as medidas e após responda as questões abaixo:

- a) Qual delas se aquece mais rapidamente?
- b) A que aquece mais depressa é a que esfria mais depressa?
- c) Qual delas reflete mais luz?
- d) Qual delas irradia mais luz?
- e) Qual delas transforma mais luz em calor?
- f) O que você acha que ocorre com a luz que incide na lata preta?
- g) O que você acha que acontece com a grande parte da energia que a Terra recebe do Sol em forma de luz visível?

¹³ Experimento retirado do site <http://www.if.ufrgs.br/oei/exp/exp3.html>

APÊNDICE K**Trabalho Avaliativo - Acidente Radioativo de Goiânia**

Nome: _____ Turma: _____ Conceito: _____

Nome: _____ Data: _____

1. Qual a principal causa do acidente radioativo de Goiânia?

2. Quais as medidas tomadas após este acidente para evitar que ocorram outros acidentes?

3. Como foi feito (na época) o tratamento das pessoas que tiveram contato com o cézio?

4. Explique a diferença entre contaminação e irradiação.

5. Como a meia-vida do cézio é de 30 anos e o acidente está completando 30 anos em 2017, ainda há cézio naquela região. É perigoso viver naquela região? Explique e elabore um gráfico demonstrando.

6. Quais questões sobre ética e responsabilidade estão presentes na entrevista do catador, do artista plástico e do físico.

APÊNDICE L

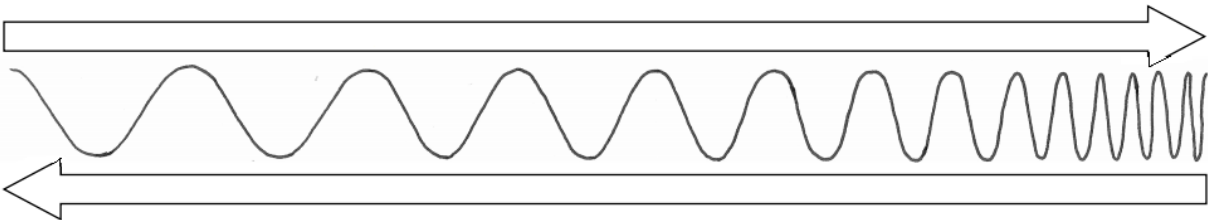
Nomes: _____

Turma: _____ Conceito: _____

Códigos _____, _____

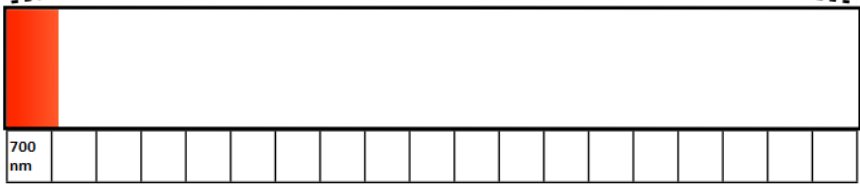
I - Complete o espectro eletromagnético com as imagens identificando-as em cada tipo de radiação.

ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO



			Luz Visível			
--	--	--	-------------	--	--	--

$f =$
 $\lambda =$
 $E =$
 $c =$
 $h =$



$f = _ / _$
 $f = _ / _$
 $E = _ / _$

APÊNDICE M

DISTRIBUTION TOTALE :1459 : 203* 201* 201* 201* 202*
 RANGS 6 ... 15 193* 156* 102* 0* 0* 0* 0* 0* 0* 0*
 RANGS 16 ... 25 0* 0* 0* 0* 0* 0* 0* 0* 0* 0*
 RANGS 26 ... 30 0* 0* 0* 0* 0*

Nombre total de mots differents : 167
 Nombre total de mots cites : 1459

moyenne generale des rangs : 4.17

DISTRIBUTION DES FREQUENCES

freq.	* nb. mots	* Cumul	evocations et	cumul inverse
1 *	73	73	5.0 % 1459	100.0 %
2 *	22	117	8.0 % 1386	95.0 %
3 *	10	147	10.1 % 1342	92.0 %
4 *	10	187	12.8 % 1312	89.9 %
5 *	6	217	14.9 % 1272	87.2 %
6 *	4	241	16.5 % 1242	85.1 %
7 *	5	276	18.9 % 1218	83.5 %
8 *	3	300	20.6 % 1183	81.1 %
9 *	4	336	23.0 % 1159	79.4 %
10 *	2	356	24.4 % 1123	77.0 %
11 *	1	367	25.2 % 1103	75.6 %
12 *	2	391	26.8 % 1092	74.8 %
13 *	1	404	27.7 % 1068	73.2 %
15 *	3	449	30.8 % 1055	72.3 %
17 *	1	466	31.9 % 1010	69.2 %
18 *	2	502	34.4 % 993	68.1 %
22 *	1	524	35.9 % 957	65.6 %
25 *	1	549	37.6 % 935	64.1 %
30 *	1	579	39.7 % 910	62.4 %
31 *	2	641	43.9 % 880	60.3 %
33 *	2	707	48.5 % 818	56.1 %
34 *	1	741	50.8 % 752	51.5 %
43 *	1	784	53.7 % 718	49.2 %
47 *	1	831	57.0 % 675	46.3 %
49 *	1	880	60.3 % 628	43.0 %
66 *	1	946	64.8 % 579	39.7 %
67 *	1	1013	69.4 % 513	35.2 %
68 *	1	1081	74.1 % 446	30.6 %
78 *	1	1159	79.4 % 378	25.9 %
87 *	1	1246	85.4 % 300	20.6 %
104 *	1	1350	92.5 % 213	14.6 %
109 *	1	1459	100.0 % 109	7.5 %

ANEXOS

ANEXO 01¹⁴**CAPÍTULO I
RADIÇÃO DE CORPO NEGRO**

Uma amostra metálica como, por exemplo, um prego, em qualquer temperatura, emite radiação eletromagnética de todos os comprimentos de onda. Por isso, dizemos que o seu espectro é contínuo.

Se a amostra está na temperatura ambiente, as radiações eletromagnéticas emitidas na faixa do visível transportam tão pouca energia que não sensibilizam os olhos humanos. Se a temperatura da amostra é elevada até aproximadamente 850 K, apenas as radiações eletromagnéticas emitidas na faixa que corresponde à cor vermelha têm energias suficientes para sensibilizar os olhos humanos e a amostra parece ter uma cor vermelha escura. À medida que a temperatura da amostra aumenta, aumenta também, gradativamente, a quantidade de energia das radiações eletromagnéticas de todos os comprimentos de onda. A amostra apresenta, então, aos olhos humanos, depois da cor vermelha escura, em seqüência, as cores vermelha viva, laranja, amarela, azul e, finalmente, branca.

Espectros contínuos podem ser produzidos por sólidos, líquidos ou gases incandescentes, estes últimos mantidos a pressões muito altas. A temperatura da fonte pode ser determinada pela análise do espectro.

A Mecânica Quântica nasceu em 1900, com um trabalho de Planck que procurava descrever o espectro contínuo de um corpo negro.

I.1. Espectro Eletromagnético

As equações clássicas de Maxwell, que governam o campo eletromagnético, aplicadas a uma região do espaço em que não existem cargas livres nem correntes elétricas, admitem uma solução ondulatória, com o campo elétrico **E** e o campo magnético **B** variando harmonicamente, um perpendicular ao outro e, ambos, perpendiculares à direção de propagação, definida pelo vetor **c**, que representa a velocidade da onda (Fig.1).

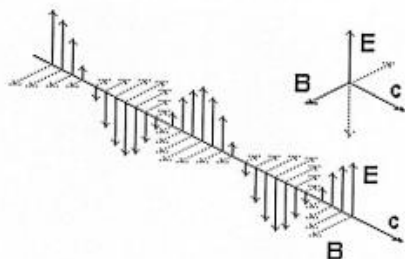


Fig.1

O módulo da velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas no vácuo é tomado, por definição, como sendo exatamente:

$$c = 299\,792\,458 \text{ m/s}$$

¹⁴ Texto do caderno de Física Moderna do GEF - <http://coral.ufsm.br/gef/arquivos/fisimod.pdf>

Radiação é o processo de transferência de energia por intermédio de ondas eletromagnéticas.

A palavra radiação, como definida acima, significa o processo de transferência de energia por ondas eletromagnéticas. Essa palavra também é usada, na literatura científica e no cotidiano, como sinônimo de onda eletromagnética. É usual dizer, por exemplo, que o Sol emite radiações eletromagnéticas. Assim, com a mesma palavra, podemos indicar o processo de transferência de energia por ondas eletromagnéticas ou as próprias ondas eletromagnéticas. Nesse texto, vamos usar a palavra radiação nestes dois sentidos. O contexto deve indicar qual significado estaremos considerando na frase correspondente.

As ondas eletromagnéticas podem se propagar num meio material e também no vácuo. O espectro das ondas eletromagnéticas é contínuo, isto é, existem ondas eletromagnéticas de todos os comprimentos de onda.

1.2. Lei de Radiação de Planck

Não apenas o Sol, mas qualquer corpo cuja temperatura Kelvin é diferente de zero, emite ondas eletromagnéticas.

Para discutir o espectro da radiação emitida por um corpo, isto é, a energia emitida por unidade de área, por unidade de tempo e por unidade de comprimento de onda, vamos supor que temos um bloco a certa temperatura e que, no interior desse bloco, existe uma cavidade. A substância que forma o bloco não é transparente à radiação eletromagnética.

Os átomos das paredes da cavidade emitem radiação eletromagnética para o seu interior e, ao mesmo tempo, absorvem radiação eletromagnética proveniente dos outros átomos das paredes. Quando a radiação eletromagnética no interior da cavidade atinge o equilíbrio térmico com os átomos das paredes, o conteúdo energético da radiação emitida pelos átomos num dado intervalo de tempo é igual ao conteúdo energético da radiação absorvida no mesmo intervalo de tempo. Então, a densidade de energia, que é a quantidade de energia da radiação no interior da cavidade por unidade de volume, é constante. Isto significa que a densidade de energia associada à radiação de cada comprimento de onda, ou seja, a distribuição de energia dentro da cavidade é bem definida.

A distribuição de energia não depende da substância de que é feito o bloco. Na verdade, a distribuição de energia depende apenas da temperatura Kelvin do bloco.

Abrindo um pequeno orifício numa das paredes da cavidade, podemos analisar a radiação que escapa por ele. A radiação que escapa é uma amostra da radiação no interior da cavidade e, portanto, tem a mesma distribuição de energia. A radiação que escapa do orifício é chamada radiação de corpo negro. O orifício é o corpo negro.

Usualmente, definimos corpo negro como o corpo que absorve toda radiação que nele incide. Como nada reflete, ele aparece, aos nossos olhos, de cor negra e daí vem o seu nome. Assim como é um absorvedor perfeito, um corpo negro é também um emissor perfeito. Toda radiação que incide no orifício vinda de dentro da cavidade atravessa-o e chega ao exterior. Como absorve toda radiação que vem de dentro da cavidade e emite essa mesma radiação para fora, o orifício é um corpo negro.

A energia emitida por um corpo negro por unidade de área, por unidade de tempo e por unidade de comprimento de onda, $\phi(\lambda, T)$, é dada por:

$$\phi(\lambda, T) = \frac{a_1}{\lambda^5} \left[\exp\left(\frac{a_2}{\lambda T}\right) - 1 \right]^{-1}$$

$$a_1 = 2\pi hc^2 \approx 3,75 \times 10^{-16} \text{ Jm}^2/\text{s}$$

e

$$a_2 = hc / k_B \approx 1,44 \times 10^{-2} \text{ mK}$$

A expressão acima representa matematicamente a lei de radiação de Planck. Nas expressões para a_1 e a_2 , h representa a constante de Planck, c , o módulo da velocidade da luz no vácuo e k_B , a constante de Boltzmann:

$$h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

$$c = 3,00 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$k_B = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$$

A Fig.3 mostra os gráficos de $\phi(\lambda, T)$ em função do comprimento de onda para quatro temperaturas diferentes.

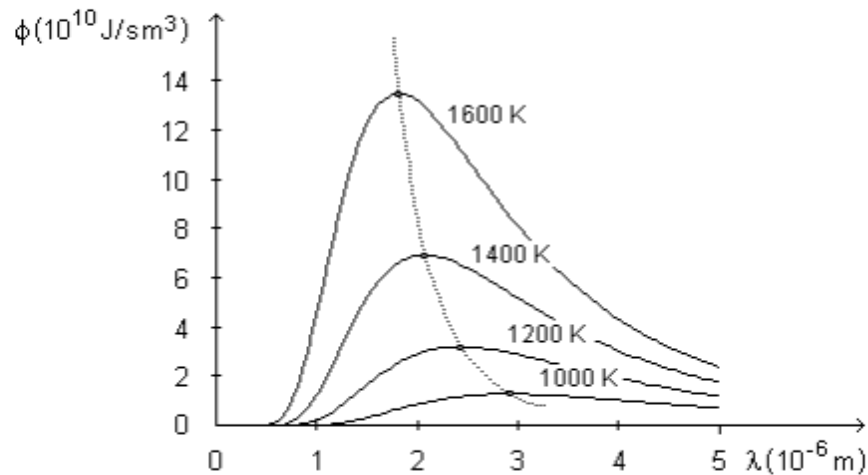


Fig.3

Fig.3

Nota Histórica

O espectro da radiação da cavidade, isto é, o espectro de corpo negro, não depende da substância de que é feito o bloco no qual existe tal cavidade. Por isso, em um modelo construído para explicar a produção desse espectro, os irradiadores elementares, isto é, os átomos do bloco, podem ser representados por osciladores harmônicos simples.

Em 1900, Planck mostrou que, para ajustar apropriadamente os dados experimentais, ou seja, para obter a expressão que representa o que hoje chamamos de lei de radiação de Planck, a energia de cada oscilador harmônico não poderia ter um valor qualquer, mas deveria ter, sim, um valor que fosse múltiplo inteiro da respectiva frequência de oscilação multiplicada por uma constante universal h (agora conhecida como constante de Planck):

$$E = nh\nu \quad (n = 1, 2, 3, \dots \infty)$$

Em outras palavras, Planck mostrou que a energia dos osciladores deveria ser quantizada.

Desse modo, um oscilador, vibrando com frequência ν , poderia absorver ou emitir radiação eletromagnética desde que a energia dessa radiação eletromagnética fosse algum múltiplo inteiro de $h\nu$. Como essa radiação se propaga com velocidade de módulo c no vácuo, devemos ter $c = \nu\lambda$ e, então, é possível escrever a expressão da distribuição de energia em termos da frequência ou do comprimento de onda.

Não vamos aqui demonstrar a expressão matemática da lei de radiação de Planck. O que nos importa é enfatizar o aspecto mais importante do trabalho de Planck, que é a quantização da energia dos osciladores harmônicos em múltiplos inteiros de $h\nu$ e o que isso implica, que certos conceitos da Física Clássica não são adequados para descrever os fenômenos em escala atômica.

Quando um oscilador passa de um estado a outro, a menor variação de energia deve ser $h\nu$ e, por isso, dizemos que $h\nu$ é o quantum de energia.

No modelo de Planck, a quantização da energia era atribuída apenas aos osciladores harmônicos que representavam os irradiadores elementares, isto é, os átomos de que era feito o bloco no qual a cavidade estava inserida, e não à radiação eletromagnética que preenchia a cavidade. Em 1905, para explicar o efeito fotoelétrico, Einstein estendeu o conceito de quantização à própria radiação eletromagnética. Vamos ver mais adiante como isso foi feito.

ANEXO 2

Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 36, n. 4, 4603 (2014)
www.sbfisica.org.br

William Herschel, os raios invisíveis e as primeiras ideias sobre radiação infravermelha

(*William Herschel, the invisible rays and the first ideas about infrared radiation*)

Rilavia Almeida de Oliveira¹, Ana Paula Bispo da Silva

*Grupo de História da Ciência e Ensino, Departamento de Física,
Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, PB, Brasil.*

Recebido em 10/6/2014; Aceito em 29/8/2014; Publicado em 23/10/2014

Aplicações da radiação infravermelha estão presentes em várias tecnologias modernas, usadas em áreas como medicina veterinária, na geologia, no monitoramento ambiental, no diagnóstico de doenças, bem como em aplicações militares. Entretanto, o histórico envolvendo as investigações que levaram ao seu *descobrimto* não aparece de modo aprofundado, perdendo-se uma excelente oportunidade de explorar aspectos conceituais e metodológicos presentes no episódio. Neste trabalho, analisamos o experimento de William Herschel (1800), considerado o descobridor da radiação infravermelha. Tanto o trabalho original de Herschel como as fontes secundárias que o analisam mostram que tal *descoberta* foi realizada num contexto que envolve vários problemas.

Palavras-chave: William Herschel, radiação infravermelha, experimentos históricos.

Infrared radiation applications are present in many current technologies used in areas like veterinary medicine, geology, environmental monitoring, disease diagnoses and also military applications. However, the history about infrared discovery is not deeply analyzed and an opportunity is lost to explore conceptual and methodological aspects from the episode. In this research, we analyze the experiments of William Herschel (1800), who is considered the discoverer of infrared radiation. Herschel's original paper and the secondary sources about it seem to demonstrate that this finding includes a complex context with many inquiry problems.

Keywords: William Herschel, infrared radiation, historical experiments.

1. Introdução

Ao longo da história da física, alguns experimentos realizados por personagens não muito discutidos no ensino de física assumem grandes proporções quando são vinculados a novas tecnologias. É o caso, por exemplo, dos experimentos realizados por William Herschel em 1800, que são considerados atualmente como a “descoberta” da radiação infravermelha, possibilitando o desenvolvimento de inúmeras tecnologias [1-4].

Porém, assim como em outras situações análogas na física, dos experimentos de Herschel para as tecnologias atuais, os caminhos são tortuosos e diferentes interpretações foram dadas aos “raios invisíveis”. Neste trabalho, objetivamos nos deter em uma análise mais detalhada das pesquisas de William Herschel sobre calor radiante, que o levaram à observação da radiação além da região visível no espectro Solar. Este episódio histórico tem diferentes nuances que podem ser escolhi-

das na sua análise, como a questão conceitual, metodológica, e até mesmo sócio-cultural, já que foi objeto de controvérsias no período em questão. Nossa perspectiva aqui é descritiva aprofundando-nos nas medidas e resultados obtidos por Herschel para poder afirmar, ou não, se tal descoberta da radiação infravermelha está bem fundamentada experimentalmente. Este trabalho é apenas parte de uma dissertação de mestrado em Ensino de Ciências em desenvolvimento, que inclui ainda a reprodução de uma versão didática do experimento de Herschel para a discussão de conceitos envolvendo óptica e eletromagnetismo e que será abordada posteriormente.²

No período entre 1800 e 1830, experimentos com calor radiante realizados por William Herschel, John Leslie, Macedonio Melloni e outros, apresentaram que algo denominado calor radiante tinha a maioria das propriedades da luz, entre elas, reflexão e refração. Vale ressaltar que no início do século XIX supunha-se que ca-

¹E-mail: rilavia.almeida@gmail.com.

²A discussão didática do experimento histórico foi submetida recentemente para apresentação em evento.

lor e luz eram substâncias fluidas. Para o caso da luz, havia também os partidários de Newton que consideravam a visão corpuscular. Como também havia, para o caso do calor, aqueles que adotavam a visão cinética. É neste ambiente complexo com visões antagônicas de luz e calor que Herschel realizou seus experimentos.

2. William Herschel e os experimentos com radiação solar

William Herschel (1738–1822) foi um astrônomo alemão naturalizado inglês que se interessou inicialmente por música, assim como seu pai – Isaac Herschel. Posteriormente, ele se dedicou à construção de telescópios com o intuito de observar os céus e a natureza e distribuição das estrelas distantes e nebulosas. Ele alugava telescópios e polia seus próprios espelhos [5]. Durante estas observações, Herschel descobriu o planeta Urano, fato que o tornou mundialmente famoso como descobridor de um planeta. Como resultado desta descoberta ele foi eleito membro da Royal Society, premiado com o Copley Prize, e nomeado astrônomo do Rei George III [6]. O porão de sua casa funcionava como uma fábrica, onde ele fez muitos experimentos com metais de diferentes composições no intuito de polir seus próprios espelhos. Em suas observações, Herschel também identificou o sexto satélite de Saturno. Tais observações se deram quando ele já estava com 43 anos e tornaram-no um nome de respeito quanto à localização de corpos celestes.

Herschel não era matemático, não podendo avançar na análise matemática dos movimentos planetários; nem seus instrumentos tinham a precisão necessária para astronomia posicional. Mas suas habilidades como observador e seus bons telescópios permitiram-no contribuir para o conhecimento da constituição física da maior parte dos principais membros do sistema solar. Envolvido com as suas observações astronômicas e com aprimoramento dos instrumentos, aos 61 anos Herschel também desenvolveu estudos sobre o calor, mantendo o mesmo método observacional e descritivo do estudo dos céus. No contexto da discussão sobre luz e os fenômenos de interferência, reflexão e refração, diretamente relacionados com as observações das estrelas, Herschel se concentrou no estudo principalmente dos raios solares.

Uma busca por trabalhos de Herschel³ mostra uma grande quantidade de relatos de observações e quatro artigos, todos lidos perante a Royal Society e publicados na *Philosophical Transactions* no ano de 1800,

que tratam de algumas experiências relacionadas com o aquecimento de diferentes materiais quando expostos à radiação solar e terrestre.⁴ Os artigos são:

1) *Investigation of the Powers of the Prismatic Colours to Heat and Illuminate Objects; With Remarks That Prove the Different Refrangibility of Radiant Heat. To Which is Added, an Inquiry into the Method of Viewing the Sun Advantageously, with Telescopes of Large Apertures and High Magnifying Powers.* Finalizado em 8/3/1800 e lido em 27/3/1800.

2) *Experiments on the Refrangibility of the Invisible Rays of the Sun.* Finalizado em 17/3/1800 e lido em 24/4/1800.

3) *Experiments on the solar, and on the Terrestrial rays that occasion heat: with a comparative view of the laws to which light and heat, or rather the rays which occasion them, are subject, in order to determine whether they are the same, or different. Part I.* Finalizado em 26/4/1800 e lido em 15/5/1800.

4) *Experiments on the solar, and on the Terrestrial rays that occasion heat: with a comparative view of the laws to which light and heat, or rather the rays which occasion them, are subject, in order to determine whether they are the same, or different. Part II.* Lido em 6/11/1800.

A apresentação dos artigos perante a Royal Society coincide com a sequência de questionamentos e hipóteses que Herschel conjecturou para tentar entender a relação entre a radiação solar e o aquecimento das lentes, que eram utilizadas nos telescópios. Assim, no primeiro dos artigos, Herschel [7] apresenta alguns experimentos em que discute o poder de aquecer e iluminar das diferentes cores do espectro prismático, bem como a diferente refrangibilidade⁵ dos raios de calor. Ao fazer experiências testando o melhor método de ver o Sol através de grandes telescópios, Herschel utilizou várias combinações de vidros diferentemente escurecidos. Ao usar alguns deles, ele sentiu uma sensação de calor, embora tivesse pouca luz; enquanto outros iluminavam melhor (forneciam mais luz), com pouca sensação de calor. Ele então conjecturou que os raios prismáticos poderiam ter o poder de aquecer e iluminar distribuídos desigualmente entre eles. Algumas cores são mais aptas a ocasionar calor; outras, ao contrário, são mais aptas para a visão, por possuir um poder iluminador superior. Para verificar esta conjectura, ele realizou os experimentos que são descritos no primeiro artigo. Neste primeiro artigo, Herschel observa que na decomposição do espectro da luz solar, a região após

³Basta, por exemplo, buscar por "William Herschel" na base de dados JSTOR

⁴O termo radiação utilizado por Herschel denotava simplesmente a luz obtida, sem implicar em qualquer interpretação eletromagnética. Radiação, para Herschel, é um feixe de raios, ou seja, luz se propagando em linha reta

⁵O termo refrangibilidade nas pesquisas de Herschel, refere-se aos diferentes graus de refração dos raios de calor e de luz por um prisma. Para o caso da luz, a diferença na refração é demonstrada pela variedade de cores; para o caso do calor, a diferença na refração dos raios é representada pelos diferentes graus de aquecimento ao longo do espectro de cores. A refração da luz era um fenômeno em estudo neste período e havia várias suposições quanto à causa do fenômeno e à natureza da luz. Atualmente entendemos que o fenômeno da refração ocorre pela mudança da velocidade da luz no meio, o que determina o índice de refração de um material. Para entender melhor, sugerimos a Ref. [8, p. 132].

o vermelho é a que parece provocar maiores alterações de temperatura. Isso o leva a concluir que poderia haver raios luminosos que não eram perceptíveis à visão (raios invisíveis), mas que produziam calor. Para verificar esta suposição ele realizou os experimentos que são descritos no segundo artigo, nos quais detecta que o máximo de calor ocorre além do vermelho visível. Restava verificar se tais raios invisíveis (de calor) possuíam as mesmas propriedades da luz. Nos artigos seguintes (3 e 4), ele constrói vários aparatos e experimentos em que tenta responder a esta questão. Neste trabalho vamos nos concentrar nos artigos 1 e 2, que possuem os experimentos e resultados mais conhecidos de Herschel, e abordar superficialmente os outros dois, que possuem cerca de 240 experimentos descritos.

3. O poder de aquecimento e iluminação dos raios coloridos

Nos experimentos sobre o poder de aquecimento dos raios coloridos, Herschel [7] fixou um pedaço de papelão AB em um suporte CD, permitindo seu movimento em torno de dois eixos laterais. No papelão, cortou uma abertura um pouco maior do que o bulbo de um termômetro e de comprimento suficiente para permitir passar toda a extensão de uma das cores prismáticas. Ele, então, colocou três termômetros em cima de pequenos planos inclinados EF. Os bulbos dos termômetros foram escurecidos com tinta. O bulbo do N° 1 era maior para permitir grande sensibilidade. Os termômetros N° 2 e N° 3 foram emprestados a Herschel por um certo Dr. Wilson. Herschel os descreve como dois excelentes termômetros, com grande sensibilidade devido ao fato de possuírem bulbos muito pequenos. O suporte com o papelão e os termômetros foi colocado em cima de uma pequena placa simples, GH (ver Fig. 1). Herschel colocou um prisma móvel sobre seu eixo na parte superior de uma janela aberta, formando um ângulo reto com o raio solar e girou-o até que o espectro colorido refratado por ele caísse sobre uma mesa colocada a uma distância adequada da janela.

A placa que continha o aparato foi colocada sobre a mesa, de modo a deixar os raios de uma só cor passar através da abertura no papelão, considerando que a largura do espectro estava delimitada para cada uma das cores. A estrutura móvel foi ajustada perpendicularmente aos raios provenientes do prisma e os planos inclinados com os três termômetros, com os seus bulbos dispostos numa linha, foram colocados próximos à abertura, de modo que qualquer um deles pudesse ser facilmente avançado para receber a irradiação da cor que passasse através da abertura, enquanto o resto permanecia próximo, sob a sombra do papelão.

⁶Herschel não explicita qual escala de temperatura estava utilizando. A diferença ΔT é relativa ao valor da temperatura no termômetro que estava na cor a ser medida e o termômetro fora da cor, usado como padrão. Assim, para o primeiro caso da Tabela 1, os termômetros N° 1 e N° 2 marcavam inicialmente 43 1/2 e 43 1/2, respectivamente. Após 10 minutos, os valores eram 50 e

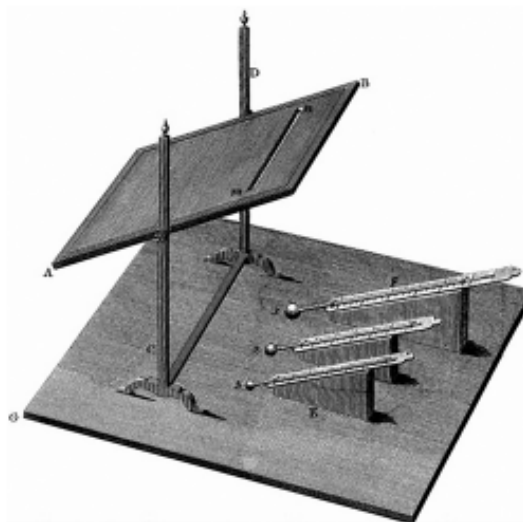


Figura 1 - Aparato utilizado por Herschel para investigar o poder de aquecer e iluminar das diferentes cores prismáticas.

Por ensaios repetidos, Herschel percebeu que o termômetro N° 2 de Dr. Wilson e o seu termômetro, sempre concordavam ao mostrar a temperatura do lugar examinado, quando a mudança não era muito repentina. O seu exigia dez minutos para sofrer uma mudança, enquanto que o N° 2 e o N° 3 mostravam em cinco minutos. Ele conclui que talvez isso tenha ocorrido devido ao fato do bulbo do seu termômetro ser maior do que os bulbos dos termômetros de Dr. Wilson. Portanto, Herschel está atribuindo o tempo necessário para o aquecimento às propriedades do termômetro (o tamanho do bulbo). Porém, posteriormente, nos experimentos sobre transmissão do calor solar através de diferentes substâncias, Herschel [9] atribuiu essa demora na mudança da temperatura marcada pelo seu termômetro ao fato das diferentes substâncias interceptarem mais calor solar no início que no final das observações. Assim, os termômetros utilizados para identificar o calor que era transmitido através das substâncias demoravam mais para ter sua temperatura aumentada. Herschel [9] tomou esse fato como um dos argumentos para diferença entre os raios de calor e de luz, uma vez que assumia a interceptação da luz como instantânea. Ou seja, é possível perceber as contradições e os conflitos presentes no trabalho de Herschel e que são inerentes a toda prática científica.

No 1° experimento, utilizando o aparato já descrito, Herschel [7] arranhou os três termômetros no lugar preparado para o experimento e esperou até que eles estivessem todos estáveis. Em seguida, avançou o N° 1 para os raios vermelhos e deixou os outros dois por perto, na sombra. Em aproximadamente 8 ou 10 minutos o

termômetro N° 1 aumentou cerca de $6 \frac{3}{4}$ graus,⁶ devido aos raios vermelhos em comparação com os dois termômetros padrão. Na sequência ele altera a posição dos termômetros para as diferentes cores do espectro e observa o aumento de temperatura.

Tabela 1 - Resultados dos experimentos realizados verificando o aquecimento de diferentes cores do espectro prismático, utilizando o termômetro N° 1 como variável e o termômetro N° 2 como padrão.

Experimento	Cor	ΔT (em aprox. 10 min.)
1°	vermelho	$6 \frac{3}{4}$
2°	vermelho	7
3°	verde	$3 \frac{1}{4}$
4°	violeta	2

Nos próximos experimentos, ele troca os termômetros de medida e padrão, colocando o N° 2 na cor e o N° 3 como padrão, obtendo os seguintes resultados:

Tabela 2 - Resultados dos experimentos realizados verificando o aquecimento de diferentes cores do espectro prismático, utilizando o termômetro N° 2 como variável e o termômetro N° 3 como padrão.

Experimento	Cor	ΔT (em aprox. 5 min.)
5°	vermelho	$2 \frac{3}{4}$
6°	vermelho	4
7°	verde	$1 \frac{1}{2}$
8°	verde	2

A partir dessas experiências, Herschel [7] apresenta os seguintes resultados: nos raios vermelhos seu termômetro aumentou $6 \frac{3}{4}$ graus no 1° experimento e 7 graus no 2°, para o aumento do mercúrio: a média de ambos é $6 \frac{7}{8}$. No 3° experimento tivemos $3 \frac{1}{4}$ graus, para o aumento ocasionado pelos raios verdes. A média da variação de temperatura, Herschel atribui o “poder de aquecimento”⁷ da cor, e relaciona os poderes das diferentes cores. Pelos resultados da Tabela 2, temos

$$\frac{\text{poder de aquecimento vermelho}}{\text{poder de aquecimento verde}} = \frac{6 \frac{7}{8}}{3 \frac{1}{4}} = \frac{55}{8} \frac{4}{13} = \frac{55}{26}.$$

Com relação ao violeta, a relação dos poderes de aquecimento fica como 55 para 16. Herschel argumenta que os quatro últimos experimentos provam a precisão dessa determinação pois, mesmo utilizando termômetros diferentes a proporção do poder de aquecimento entre o vermelho e o verde fica 27 para 11 ou como 55 para 22,4, corroborando os resultados da primeira tabela. Segundo Herschel, a diferença (27 para 11), observada no caso do termômetro N° 2 está associada à sua maior sensibilidade.

⁶ $43 \frac{1}{4}$, respectivamente, o que leva Herschel a concluir que a diferença de $6 \frac{3}{4}$ graus entre os termômetros seria devida ao fato do termômetro N° 1 estar sob a cor vermelha.

⁷ Não é possível fazer uma analogia entre o “poder de aquecimento” considerado por Herschel e o que entendemos hoje sobre calor, ou mesmo levantar hipóteses sobre a natureza da radiação ou do calor. Mas, a partir das conclusões a que ele chega no trabalho, pode-se supor que o poder de aquecimento está simplesmente relacionado com a capacidade de fazer a temperatura subir. A exposição à cor vermelha faz aumentar mais a temperatura do que a exposição à cor verde.

Parece extraordinário que o termômetro mais sensível deveria fornecer uma alteração menor a partir de sua exposição aos raios solares. Mas, uma vez que nestas circunstâncias há duas causas atuando de diferentes maneiras; uma para fazer subir o termômetro, a outra para fazê-lo baixar para a temperatura da sala, suponho que devido à pequenez do bulbo no termômetro do Dr. Wilson [N° 2], a qual é um pouco mais que metade de uma polegada, às causas resfriantes devem ter um efeito mais forte sobre o mercúrio que contém do que têm sobre o meu, o qual tem um bulbo de meia polegada [7].

Segundo Herschel, para obter maior precisão ainda quanto ao poder de aquecimento da cor seria suficiente escurecer os bulbos dos termômetros e realizar a exposição ao Sol em altitudes maiores, em que a luz seria mais poderosa e estável. Entretanto, ele julga que as experiências relatadas são suficientes para o seu propósito, o qual seria de provar que o poder de aquecimento das cores prismáticas não é igualmente dividido e que a máxima emissão, e portanto o maior poder de aquecimento, estaria nos raios vermelhos.

Encontramos novamente inconsistências nos resultados de Herschel, pois neste caso ele afirma que mais precisão é obtida ao escurecer os bulbos dos termômetros. Entretanto, em seus experimentos sobre transmissão do calor solar [9] defende que os bulbos dos termômetros utilizados no aparato para identificar a quantidade de calor transmitido através das diferentes substâncias não devem ser escurecidos, pois desta forma estes seriam mais sensíveis a mudanças, especialmente em exposições muito rápidas. É a partir dessas divergências de opiniões que percebemos que Herschel, como um astrônomo, estava adentrando em um campo de investigação no qual não tinha muito conhecimento.

Na continuidade do trabalho, Herschel buscará investigar se os diferentes raios prismáticos possuem diferentes poderes de iluminação e assim relacionar poder de aquecimento com poder de iluminação. Para este propósito, Herschel utiliza um microscópio que recebe diretamente os raios prismáticos.

1° Experimento. Coloquei um objeto que tinha muitas partes pequenas sob um microscópio duplo; e, tendo colocado um prisma na janela, de forma que uma imagem estacionária colorida do Sol atingisse a mesa onde o microscópio estava, fiz com

que os diferentes raios coloridos caíssem sucessivamente sobre o objeto, movendo o microscópio para o interior da sua luz. O poder de ampliação era de 27 vezes [7].

Através dos experimentos Herschel encontrou que seus objetos eram muito bem vistos no vermelho, melhor no laranja e ainda melhor no amarelo e no verde. Mas com uma menor vantagem no azul e no índigo e com mais imperfeição no violeta. Segundo ele, esse estudo foi feito utilizando um microscópio que é geralmente preparado para a visão transparente, adaptado para a forma opaca. Isto o permitiu escolher outros objetos que poderiam responder melhor ao seu propósito, bem como adicionar o efeito que substâncias diferentemente coloridas podiam ter sob os raios de luz. Ele providenciou diferentes materiais para serem observados e um microscópio que ampliava 42 vezes. Herschel apresenta em detalhes a presença ou não de pontos luminosos nas observações para cada uma das cores do espectro,⁸ bem como um certo “grau” de iluminação que ele observa sem, aparentemente, um instrumento comparativo.⁹ Após uma série de observações (9 experimentos com 7 observações em cada um deles), ele conclui que os raios vermelhos possuem um pequeno poder de iluminação. O laranja possui mais do que o vermelho, e os raios amarelos iluminam objetos ainda mais perfeitamente. O máximo de iluminação ocorre entre o verde claro e o amarelo brilhoso. Porém, a partir do verde escuro, o poder de iluminação diminui muito sensivelmente, sendo o poder do azul aproximadamente igual ao do vermelho e o do índigo ainda menor que o do azul. Por fim, o violeta é o mais deficiente. Porém, Herschel reconhece a imprecisão existente nos experimentos bem como a necessidade de tentar separar melhor as cores para poder definir suas propriedades quanto ao poder de iluminação, o que poderia ser feito, segundo ele, se adotasse alguns dos procedimentos de Isaac Newton.¹⁰ Os experimentos levam Herschel a conjecturar que o calor radiante possui diferente refrangibilidade, ressaltando que, assim como a luz, ele não é apenas refratável, mas também está sujeito às leis da dispersão decorrente da sua diferente refrangibilidade. Isto é, devido a sua diferente refrangibilidade, ao ser dispersado pelo prisma, os raios de calor são refratados em diferentes direções.

A quantidade total de calor radiante contida em um raio de sol, se esta diferente refrangibilidade não existisse, deveria, ine-

vitavelmente, cair sobre um espaço igual à área do prisma; e se calor radiante não fosse totalmente refrangível, ele cairia sobre um espaço igual, que corresponde ao espaço onde a sombra do prisma, quando coberta, pode ser vista. Mas, nenhum destes eventos ocorrendo, é evidente que o calor radiante está sujeito às leis de refração, e também àquelas que tratam da diferente refrangibilidade da luz. Pode isto nos levar a supor que calor radiante consiste de partículas em um certo intervalo de momentum, e que tal intervalo pode se estender um pouco além de cada lado de refrangibilidade, além daquele da luz? [7]

Novamente recorrendo aos conceitos newtonianos, Herschel faz uma analogia entre calor radiante e luz, supondo o primeiro também como partículas com momentum. Herschel supõe que pode haver partículas que não são detectáveis como luz. Ele esclarece que através de uma exposição gradual do termômetro para os raios do espectro prismático, começando a partir do violeta, chega-se ao máximo da luz muito antes de chegar ao máximo de calor, que se encontra no outro extremo. Para mostrar a proporção entre o poder de iluminação e o de aquecimento, ele cita outros experimentos que lhe permitiram chegar a uma relação entre os poderes:

Por muitos experimentos, que o tempo não me permitirá reportar agora, parece que o máximo de iluminação tem um pouco mais que metade do calor do total dos raios vermelhos; e a partir de outros experimentos, da mesma forma concluo que o total dos raios vermelhos estão no máximo do calor, o qual talvez esteja um pouco além da refração visível [7].

Não encontramos trabalhos anteriores em que Herschel mostre os resultados que permitem fazer esta afirmação; tampouco nos trabalhos posteriores, nos quais ele já parte desta afirmação como certa. No entanto, no artigo 4 [9], ele apresenta um gráfico em que estas conclusões estão traçadas num diagrama. Porém, tentando seguir a cronologia dos trabalhos de Herschel, discutiremos tal diagrama posteriormente, no contexto em que foi apresentado.

Segundo as conclusões de Herschel, o calor radiante consistiria, ao menos em parte, se não principalmente, de luz invisível. Ou seja, calor radiante consistiria dos

⁸Herschel está adotando que o espectro solar é constituído de sete cores. Como sabemos, há infinitas cores no espectro e, além disso, ele é contínuo e não pode ser adotado como Herschel faz, como se houvesse uma largura definida para cada uma das cores. No entanto, é importante lembrar que no final do século XVIII as concepções newtonianas eram muito fortes e Herschel em vários momentos se mostra adepto delas. Portanto, é compreensível que adote o espectro de sete cores primárias como fazia Newton. Para compreensão da teoria das cores de Newton, sugerimos a Ref. [10].

⁹Um instrumento para comparar o grau de iluminação utilizado na época era o fotômetro de Bouguer [8, p. 111], que Herschel não menciona. Não entraremos em detalhes, mas o modo como Herschel fez as comparações de luminosidade são muito imprecisas e foram motivo de críticas na época.

¹⁰Herschel faz referência aos acoplamentos de prismas, como a Fig. 16 do *Optics* de Newton [11, p. 43].

raios que vêm do Sol, que possuem momentum inadequado para a visão. Assim, se fosse admitido, como era na época, que os órgãos da visão são apenas adaptados para receber impressões de partículas de certo momentum, o máximo de iluminação seria no meio dos raios refrangíveis; e aqueles que saíssem deste intervalo seriam inadequados para a visão, como no caso do calor radiante. Isto gera certo “desconforto”, pois como seria luz, se seria invisível? Este “desconforto” foi motivo de críticas quando o trabalho foi publicado, como discutiremos em outro tópico

3.1. Confirmando a existência dos raios invisíveis

Talvez o experimento mais conhecido de Herschel seja o apresentado no 2º artigo de 1800, no qual ele procura provar a hipótese que fez anteriormente, de que a extensão da refrangibilidade dos raios de calor é provavelmente mais ampla que as das cores prismáticas. Herschel [12] providenciou um suporte com quatro pequenas pernas e o cobriu com papel branco. Neste papel ele desenhou cinco linhas paralelas à extremidade do suporte e separadas por uma distância de meia polegada uma da outra, mas de modo que a primeira das linhas pudesse estar a apenas 1/4 de uma polegada da borda. Interceptou as linhas com 3 perpendiculares, sendo a segunda a 2 polegadas e meia da primeira e a terceira a 4 polegadas da primeira.

Os mesmos termômetros que tinham sido, no trabalho anterior, marcados como N° 1, N° 2 e N° 3 e montados sobre os pequenos planos inclinados, foram então colocados de modo a ter os centros das sombras de seus bulbos lançados na intercessão dessas linhas. Colocando seu suporte sobre uma mesa, Herschel [12] fez com que o espectro prismático atingisse a borda do papel com sua cor extrema na borda do papel, de modo que nenhuma cor podia avançar além da primeira linha. Neste arranjo, todo o espectro exceto o último quarto de uma polegada da cor em leitura, que servia como uma direção, passou abaixo da borda do suporte, e não podia interferir nos experimentos. Herschel escureceu a janela na qual o prisma foi colocado, fixando uma fina cortina verde escura para manter fora tanta luz quanto conveniente (Fig. 2).

Os termômetros foram ajustados para a temperatura da sala e o suporte colocado na parte do vermelho refratado pelo prisma que atingia a borda do papel. O termômetro N° 1 estava a 1 1/4 polegada, em direção ao segundo, que juntamente com o 3º termômetro, foram mantidos como padrão. Durante o experimento, Herschel [12] manteve a última terminação do vermelho visível na primeira linha. Vagarosamente, movendo o N° 1 quando necessário, Herschel variou a posição dos termômetros e verificou o aumento da temperatura

nas posições em relação à primeira linha (onde estava o vermelho).

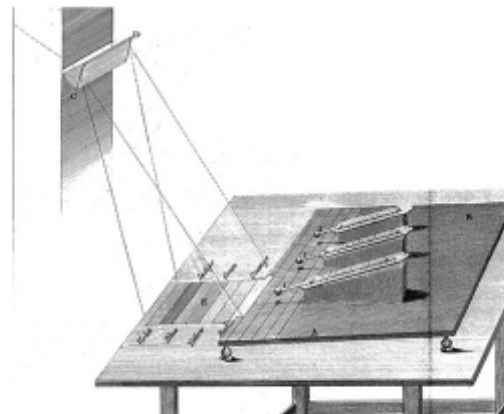


Figura 2 - A, B o pequeno suporte. 1, 2 3 os termômetros sobre ele; CD o prisma na janela. E, o espectro lançado na mesa de modo a trazer o último quarto de uma polegada da cor de leitura sobre o suporte.

Com estas medidas, Herschel obteve os seguintes dados:¹¹

Tabela 3 - Resultado do aquecimento além do vermelho visível.

Localização - tempo de exposição	ΔT N° 1	ΔT N° 2
linha 1 - 10 min	6 1/2	
linha 2 - 12 min		2 3/4
linha 3 - 13 min	5 1/4	
linha 4 - 10 min	3 1/8	

Podemos observar que Herschel não mantém um intervalo fixo para obter as medidas de variação da temperatura, nem mesmo coleta a mesma quantidade de medidas, já que para a linha 4 ele considerou apenas 2 valores, enquanto que para as demais mediu 4 valores. Ao invés de ir para 5ª linha, Herschel decidiu fazer a experiência no outro extremo do espectro prismático para aproveitar o céu claro. Ele descreve que este extremo foi observado com alguma dificuldade, pois, como a iluminação dos raios violetas é fraca, a terminação precisa deste não pode ser percebida. Após algumas medidas em que não houve aumento considerável de temperatura, Herschel conclui que não há raios “invisíveis” que aqueçam além do violeta.

A partir dos últimos experimentos estou suficientemente persuadido que qualquer raio que incida além do violeta não poderia ter qualquer poder perceptível, seja de iluminar ou aquecer; e que ambos estes poderes continuariam juntos através de todo o espectro prismático, e finalizariam onde o

¹¹ O procedimento para determinação da diferença de temperatura é semelhante ao da Tabela 1, medindo sempre a diferença entre termômetro na cor e termômetro fora dela. Porém, para a linha 2, Herschel inverte os termômetros padrão e de medida.

mais fraco dos violetas se anula. Um ponto importante permanece ainda a ser determinado, que é a situação de máximo poder de aquecimento [12].

Considerando que raios próximos ao violeta não possuíam poder de aquecimento, Herschel partiu diretamente para medir a variação da temperatura da região que estava além do vermelho total. Ele supôs uma largura para a faixa de vermelho total de aproximadamente 1/2 polegada e deslocou o termômetro N° 1 ao longo desta faixa, mantendo os outros dois termômetros ao lado como padrão. Os dados obtidos estão na tabela a seguir.

Segundo Herschel “Agora será fácil resumir os resultados dessas observações”¹² [12]. Ele conclui que: (i) há raios vindo do Sol que são menos refrangíveis do que aqueles que afetam a visão e que possuem alto poder de aquecimento e nenhum de iluminar; (ii) o máximo poder de aquecimento está entre os raios invisíveis e a menos de meio polegada além do vermelho visível (considerando a projeção utilizada). Tais conclusões, levam-no a questionar: “se nós chamamos luz esses raios que iluminam objetos; e calor radiante esses que aquecem corpos, nós podemos investigar, se luz é essencialmente diferente de calor radiante?”. Para responder, ele pre-

tende comparar as propriedades do calor radiante com as da luz, de acordo com a Tabela 5. Os experimentos já realizados permitiram-lhe concluir que um *espectro termométrico* poderia ser traçado ao longo do espectro prismático, com limites indo para além da cor vermelha [12].

Não iremos nos deter nestes trabalhos [9, 13] por questão de espaço. Mas, consideramos importante ressaltar que as observações que Herschel realiza estão baseadas em *não admitir diferentes causas para explicar certos efeitos, se eles podem ser descritos por uma* (1ª regra de raciocínio filosófico de Newton). A maioria das narrativas históricas que discutem a descoberta da radiação infravermelha menciona apenas o fato de Herschel ter descoberto radiação invisível a partir dos experimentos apresentados anteriormente, ignorando a série de investigações que ele apresenta nestes trabalhos tentando relacionar calor e luz e que continham muitos erros e complicações.¹³ Mesmo com contradições, ao final de do artigo [9] ele chama a atenção para uma importante diferença: os raios de calor possuem uma refrangibilidade mais extensiva que os de luz. Para ilustrar isto, Herschel [9] delinea o espectro de luz e posteriormente delinea o espectro de calor, tomando como base os resultados dos experimentos obtidos nas Refs. [7, 12] (ver Fig. 3).

Tabela 4 - Resultados dos experimentos que visam determinar onde ocorre o máximo poder de aquecimento.

Localização do bulbo	Tempo de exposição (min)	ΔT N° 1
Centro do vermelho total	10	7
1/2bulbo no centro do verm. total	10	8
Totalmente fora do verm. visível	10	9*
1/2polegada além do verm. visível	16	8 3/4

*Neste caso o termômetro não partiu da temperatura ambiente e o valor é relativo ao termômetro padrão.

Tabela 5 - Relação das propriedades da luz e as proposições similares sobre calor investigadas por Herschel em seu trabalho.

Propriedades dos raios que ocasionam luz	Proposições similares acerca do dos raios que ocasionam calor
1. Luz, solar e terrestre, é a sensação ocasionada por raios emanados de corpos luminosos, que tem o poder de iluminar objetos e de acordo com as circunstâncias, de fazer-lhes aparecer de várias cores	1. Calor, solar e terrestre, é a sensação ocasionada por raios emanados de substâncias incandescentes, que tem o poder de aquecer corpos
2. Esses raios são sujeitos às leis de reflexão	2. Esses raios são sujeitos às leis de reflexão
3. Eles são da mesma forma sujeitos às leis de refração	3. Eles são da mesma forma sujeitos às leis de refração
4. Eles possuem diferentes refrangibilidades	4. Eles possuem diferentes refrangibilidades
5. São detidos, em certas proporções, quando transmitidos através de corpos translúcidos	5. São detidos, em certas proporções, quando transmitidos através de corpos translúcidos
6. São espalhados em superfícies ásperas	6. São espalhados em superfícies ásperas
7. Supõe-se que eles podem aquecer corpos, o que resta ainda ser examinado.	7. Supõe-se que eles, em certo estado de energia, podem iluminar objetos, o que resta ainda ser examinado

¹²A sentença de Herschel é “It will now be easy to draw the result of these observations into a very narrow compass”.

¹³Sugerimos a leitura da Ref. [14] para uma discussão aprofundada dos problemas nos experimentos de Herschel e críticas ao método de medir a luminosidade.

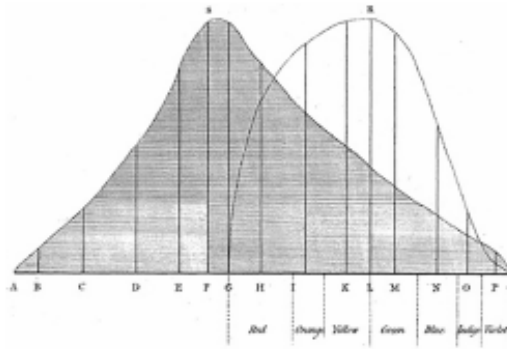


Figura 3 - Representa o espectro de calor ASQA e de luz GRQG. Se uma prisma é colocado em uma janela, de modo a lançar as cores da luz sobre uma mesa, e a figura acima é colocada sob as cores, elas podem cair respectivamente sobre os lugares onde seus nomes estão inseridos, ou então se pode levantar ou abaixar o prisma de modo a essas cores caberem em seus próprios espaços. Quando as cores ocupam suas próprias situações, a linha AQ expressaria o espaço no qual o prisma, pela sua diferente refrangibilidade, dispersa raios de calor, e as ordenadas AQ expressariam aproximadamente a elevação proporcional que um conjunto de termômetros igualmente variáveis experimentariam, quando colocados nas diferentes situações dessas ordenadas.

Herschel [9] esboça o espectro de luz, assumindo uma linha de certo comprimento, e dividindo esta linha em sete partes, de acordo com as sete cores designadas por Isaac Newton, no seu *Optics*. Assim, ele representa o poder de iluminação de cada cor, por uma ordenada para essa linha. Como o comprimento absoluto das ordenadas é arbitrário, contanto que eles sejam proporcionais um ao outro, Herschel assume o comprimento do máximo igual a $27/33$ da linha toda. A escolha de Herschel pelas sete cores de Newton foi alvo de críticas posteriormente por John Leslie, que afirmava que as sete cores distintas adotadas por Newton não foram derivadas cientificamente, mas produtos do misticismo da época. Leslie considerava que o espectro era composto por apenas quatro cores: azul, verde, amarelo e vermelho [6]. O comprimento do espectro colorido, ou a linha que corresponde a GQ na Fig. 3, mede 2,997 polegadas. Ao apresentar a medida da base do espectro colorido com uma precisão de milésimos de polegada (2,997 polegadas), Herschel comete um erro gravíssimo, uma vez que é impossível determinar o comprimento do espectro com essa precisão. O fim do espectro é impreciso e isso já era conhecido na época de Herschel. Newton já afirmava que ninguém conseguia determinar qual era a forma do fim do espectro [10].

Ainda com relação à Fig. 3, GQ representa a linha que contém o arranjo de cores, do vermelho ao violeta. Entre o amarelo e o verde, a linha LR = $27/33$ de GQ, representaria o poder de iluminação dos raios neste lugar. Para justificar sua escolha, ele relembra os resultados obtidos no experimento utilizando o microscópio [7], sendo que o laranja ilumina mais que o vermelho e que os raios amarelos iluminam os objetos

ainda mais perfeitamente. O máximo de iluminação ocorre no amarelo brilhoso ou no verde claro. Porém, a partir do verde escuro o poder de iluminação decresce. O poder do azul assemelha-se ao vermelho; o poder do anil é ainda menor que o do azul, e o violeta o mais deficiente [6, 7]. A figura GRQG representa o que Herschel chama de espectro de iluminação.

Posteriormente, Herschel procura encontrar o espectro de calor. Para isso, ele admite a base do espectro de calor AQ, em proporção a do espectro de luz GQ, como $5 \frac{1}{4}$ para 3, ou conforme a divisão newtoniana antes mencionada; a base do qual é 3,3 polegadas, como $57 \frac{3}{4}$ para 33. Ele assume o máximo de calor, uma ordenada de comprimento igual ao que foi fixado para o máximo de luz, o que permitiria comparar os dois espectros juntos. Entretanto, ele não tinha uma base sobre a qual justificar a suposição de que a distância SF é igual a RL. Ele não tinha unidades comuns para os dois gráficos, mas incluiu números no gráfico para dar mais autoridade, num "misto de engenhosidade e imaginação científica", segundo Hilbert [14].

Verificando os dois espectros é possível ver a diferença na dispersão, pelo prisma, dos raios que produzem calor e os que ocasionam luz. Esses raios não concordam em sua refrangibilidade média, nem na situação de seu máximo: onde temos mais luz, temos pouco calor; e onde temos mais calor, não encontramos nenhuma luz. Então, Herschel questiona: "Como pode efeitos que são tão opostos, serem atribuídos para a mesma causa? Que modificação podemos supor ser acrescentada ao poder de produzir calor que produzem tais resultados inconsistentes?"

Novamente, Herschel recorre às regras de raciocínio filosófico de Newton para embasar seus argumentos, pois na sua segunda regra, Newton aponta que a similaridade de efeitos permite inferir similaridade de causas. Portanto, aos mesmos efeitos naturais devemos, na medida do possível, atribuir as mesmas causas. Herschel questiona como podem efeitos tão opostos serem atribuídos à mesma causa, para argumentar acerca da diferença entre luz e calor radiante. Fica evidente aqui outra contradição no trabalho de Herschel. Inicialmente, ao conjecturar que *luz e calor radiante não são essencialmente diferentes*, Herschel [7] recorre à 1ª regra de raciocínio filosófico de Newton para argumentar em torno da relação entre luz e calor radiante, afirmando que não se pode admitir diferentes causas para explicar certos efeitos, se eles podem ser descritos por uma. Agora, Herschel recorre à outra regra para enfatizar a diferença entre luz e calor radiante.

O final do espectro de calor acima pode indicar que essa radiação está diminuindo ou que o instrumento de detecção de Herschel não está mais absorvendo calor. Entretanto, Herschel não menciona esse fato. Com relação ao espectro de luz e de calor de Herschel, Melloni, em 1835, em uma apresentação de seu trabalho para *Académie des Sciences Française*, aponta que

(...) a natureza da fonte de calor, o tipo de prisma, seu ângulo de refração, e sua espessura todos afetam significativamente a distribuição de calor no espectro. O gráfico do poder luminoso no espectro deve ser entendido como uma ousada variação subjetiva na percepção de cor em vez de propriedades objetivas dos raios luminosos [14].

4. Resultados e controvérsias

Os experimentos de Herschel são feitos em meio aos seus trabalhos astronômicos. Ele desenvolve um trabalho eminentemente experimental e, em termos de matemática, trabalha apenas com algumas proporções simples. Entretanto, vale ressaltar alguns questionamentos que Herschel faz e as conclusões à que chega. Por exemplo, quando Herschel realiza experimentos refletindo e refratando calor advindo de diferentes fontes, nos quais ele busca resposta para a natureza do calor, suas conclusões são que os raios de calor não diferem dos raios de luz. Apesar de partir de conjecturas sobre experimentos específicos, Herschel entende ter chegado a um resultado geral quanto à natureza dos raios de luz e calor.

Mais adiante, tais conclusões são contraditadas, pois ao realizar experimentos analisando a transmissão e o espalhamento dos raios de calor, Herschel encontra diferenças notáveis entre os raios de luz e de calor. Ele conclui que esses raios não tem nada em comum, além de certo grau de refrangibilidade e ressalta também que os raios de calor são menos espalháveis que os raios de luz.

Ao analisar o desenvolvimento dos experimentos de Herschel, encontramos alguns erros que poderiam ser facilmente percebidos por pesquisadores da época. Herschel não descreve o que não fez e o que provavelmente deu errado. Percebemos que ao começar a investigar sobre o calor, Herschel está entrando em um terreno no qual ele não tem experiência. Nem talvez conhecimento das pesquisas sobre calor da época, ou então não as cita. Por exemplo, resultados sobre o calor radiante já tinha sido obtidos por Marc Auguste Picotet (1752-1825), que em 1790, notou que o termômetro colocado no foco de um espelho côncavo registrou imediatamente um aumento na temperatura quando um corpo quente era colocado no foco de um segundo espelho, coaxial com o primeiro, mas a uma longa distância deste. Desse modo, ele defendia que calor radiante deveria se propagar em linhas retas em uma velocidade muito grande, talvez igual a velocidade da luz. Também

temos James Hutton (1726 - 1797), que em 1794 identifica luz com calor radiante, considerando que o corpo quente converte calor em luz, que na absorção torna-se calor novamente [15]. Estes resultados não foram mencionados por Herschel em nenhum dos quatro trabalhos de 1800.

Ao divulgar seus resultados Herschel foi objeto de críticas positivas e negativas. As primeiras vieram principalmente daqueles que viam em seu trabalho uma possibilidade de afirmar a natureza ondulatória tanto da luz quanto do calor radiante. É o caso de Thomas Young (1773-1829), que utilizou os dados de Herschel para fortalecer a hipótese ondulatória¹⁴ da luz em suas *Bakerian Lecture* de 1801.¹⁵ Por outro lado, a separação entre luz e calor fornecia elementos que fortaleciam a hipótese do calórico, defendida por alguns cientistas britânicos na época.¹⁶ Herschel recebeu muitos elogios do presidente da Royal Society, Joseph Banks (1743-1820), que comparou sua “descoberta como a mais importante desde a morte de Sir Isaac Newton” [14].

As críticas negativas, e incisivas, vieram de John Leslie¹⁷ (1766-1832), que ao tomar conhecimento dos dois primeiros artigos de Herschel, enviou um comunicado ao editor do *Nicholson's Journal* para que emitisse um alerta contra a autoridade de um astrônomo cuja “autoridade na presente situação retardaria o progresso da ciência por fornecer opiniões que, estou totalmente convencido, são inaccuradas e infundadas” [14]. As críticas de Leslie eram voltadas tanto aos procedimentos experimentais de Herschel, os quais ele julgava terem levado a resultados questionáveis; quanto aos aspectos metafísicos. Por exemplo, Herschel não considerou que o aquecimento próximo aos bulbos no experimento com o espectro poderia ser devido ao aquecimento do ar. Leslie acreditava que o ar era necessário para a radiação de calor. Ele preferiu chamar o processo de pulsação, porque acreditava que quando uma camada de ar entra em contato com o corpo aquecido, este absorve algo de calor – um fluido elástico – que leva a camada a expandir; a camada expandindo passaria calor para próxima camada e recairia em direção ao corpo quente para buscar carregar-se. Portanto, calor se moveria em pulsos que viajariam na velocidade do som [14].

Ao criticar os experimentos de Herschel, Leslie defende que quando o espectro é recebido no suporte o instrumento próximo é afetado em parte devido à luz refletida, mas principalmente devido à ação do ar aquecido acumulado sobre a superfície iluminada. Desse modo, os resultados seriam alterados em todos os ca-

¹⁴Para aprofundar questões relativas à natureza da luz no início do século XIX, sugerimos a Ref. [8, p. 166-224].

¹⁵Young pediu a Sr. Henry C. Englefield para repetir os experimentos de Herschel, de modo a assegurar a *Royal Institution* a validade dos experimentos de Herschel. Englefield confirmou as afirmativas de que o máximo de radiação térmica ocorre além do limite do vermelho visível [6].

¹⁶Para aprofundar questões de natureza do calor, sugerimos a Ref. [16].

¹⁷John Leslie, escocês, desenvolveu investigações sobre medidas de calor, recebendo a Medalha Rumford, da Royal Society, em 1804 pelo seu trabalho *Experimental Inquiry into the Nature and Properties of Heat* [17].

so em que o instrumento não estivesse completamente isolado. Leslie também defendia que é muito difícil, onde existe uma fonte ativa de calor, obter uma temperatura uniforme, especialmente em uma pequena sala. Outra crítica estava quanto à definição de “raios invisíveis”, já que Leslie não assumia que uma radiação pudesse incidir no olho e não ser vista [6]. Além de Leslie, havia outros nomes reconhecidos na época (Baden Powell, Brewster, entre outros) que negavam a existência de raios invisíveis [14].

Não houve resposta de Herschel às críticas de Leslie, nem mesmo trabalhos posteriores dele em que os experimentos são refeitos com maior precisão. Em vários momentos de suas observações Herschel reconhece a imprecisão das medidas e até mesmo suas dúvidas quanto às interpretações dos resultados. Porém, sua conclusão final é de que calor radiante e luz são *diferentes*, e portanto, em desacordo com o que defendemos atualmente baseados no espectro eletromagnético.

5. Considerações finais

As conclusões a que Herschel chega após seus experimentos de transmissão e espalhamento dos raios de calor são completamente diferentes das aceitas atualmente. Herschel aceita que seria possível ter luz visível que absolutamente não esquentava, mesmo quando concentrada por lentes, e que também poderíamos ter, com a mesma refrangibilidade, raios de calor que mesmo concentrados não dão nenhuma luz. Ou seja, Herschel concluiu que poderia existir só luz ou só calor com o mesmo desvio por um prisma, o que sabemos que não pode ocorrer.

Apesar das teorias de Herschel e Leslie terem sido abandonadas, tentativas de tratar suas preocupações e diferenças contribuíram para o desenvolvimento do espectro eletromagnético [14]. Desta maneira, podemos perceber que apesar de Herschel não ter interpretado apropriadamente a natureza da radiação térmica, uma vez que ele considerou luz diferente de calor radiante, ele trouxe um enorme ímpeto para estudos nesta área. Experimentos logo começaram a ser feitos em laboratórios para resolver se luz e calor eram ocasionados pelos mesmos raios ou não.

A posição dos raios invisíveis de calor permaneceu instável até bem depois. Macedonio Melloni afirmou, em 1843, que: “Luz é simplesmente uma série de sinais caloríficos sensíveis aos órgãos da vista, ou vice versa, e as radiações do calor são verdadeiras radiações invisíveis de luz” [14]. Herschel tinha adotado isto como sua primeira hipótese, mas depois a rejeitou. Quando Melloni trouxe seus experimentos em 1830, ele compartilhou a visão de Herschel que calor radiante e luz são essencialmente diferentes. Apenas depois de mais de uma década de trabalho, ele chegou à visão moderna.

¹⁸ Talvez Herschel tivesse conhecimento dos trabalhos de Karl Wilhelm Scheele (1726-1786) sobre o escurecimento do cloreto de prata sob as cores do espectro [13].

Herschel havia especulado que as cores podiam ter diferentes propriedades químicas,¹⁸ porque o princípio ácido podia ser desigualmente distribuído no espectro. Influenciado por essas conjecturas de Herschel, J.W. Ritter descobriu mudanças químicas além do violeta, que foi um importante passo no desenvolvimento do espectro. Porém, ele não levou filósofos naturais contemporâneos a pensar o espectro de luz em termos de uma entidade contínua.

É claro que ainda há várias considerações a serem feitas do ponto de vista metodológico e sobre o modo de fazer ciência de Herschel, assim como discutido na Ref. [18, p. 266], mas não é nosso objetivo neste trabalho aprofundar questões epistemológicas. A análise feita nos leva a concluir que apesar das limitações do trabalho de Herschel, ele contribuiu para o desenvolvimento do espectro ao levantar questões cujas respostas levaram a outras investigações. Assim, a utilização do presente episódio histórico pode ser de grande valia na inserção de conceitos de física moderna no ensino, como o caso do mapeamento de imagens usando infravermelho.

Agradecimentos

As autoras agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro e aos professores Peter Heering (Universidade de Flensburg/Alemanha) e Nelson Studart, professor visitante da Universidade Federal do ABC (UFABC), pela colaboração.

Referências

- [1] L. Goldberg, *Infrared Solar Spectrum* (Math-Hulbert Observatory, Pontiac, 1954).
- [2] E.F.J. Ring, *The Imaging Science Journal* **58**, 254 (2010).
- [3] A. Rogalski, *Opto-Electronics Review* **20**, 279 (2012).
- [4] S. Barr, *American Journal of physics* **28**, 42 (1960).
- [5] M.A. Hoskin, William Herschel. In: *Complete Dictionary of Scientific Biography*. Disponível em: http://www.encyclopedia.com/topic/William_Frederick_Herschel.aspx. Acessado em 10/7/2012.
- [6] D.J. Lovell, *Isis* **59**, 46 (1968).
- [7] W. Herschel, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* **90**, 255 (1800a).
- [8] O. Darrigol, *The History of Optics: From Greek Antiquity to the Nineteenth Century* (Oxford University Press, Oxford, 2012).
- [9] W. Herschel, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* **90**, 437 (1800d).
- [10] C.C. Silva e R.A. Martins, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **18**, 313 (1996).

ANEXO 3

X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC
Águas de Lindóia, SP – 24 a 27 de Novembro de 2015

O estudo das Representações Sociais de estudantes do ensino médio acerca do tema radiação

The study of Social Representations of high school students on the theme radiation

Lisiane Barcellos Calheiro

Universidade Federal do Rio Grande do Sul -UFRGS
lisbarcellos@gmail.com

José Claudio Del Pino

Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS
depinojc@yahoo.com.br

Resumo

Este trabalho descreve resultados de uma pesquisa de doutorado, intitulada “Como o estudo das Radiações no ensino médio influencia nas Representações Sociais no contexto escola-família”, que visa analisar as Representações Sociais acerca do tema radiação e suas possíveis mudanças. Baseando-se na Teoria das Representações Sociais de Moscovici, analisamos os resultados de uma amostra de 108 estudantes de uma escola pública, a partir de um instrumento de investigação. O tratamento dos dados da pesquisa se deu pela Análise Textual Discursiva de Moraes e Galiazzi, que nos permitiu compreender as representações dentro do universo consensual e do universo reificado. Os resultados indicam a diversidade nas representações dos estudantes, mesclando elementos do senso comum com elementos, mesmo que superficiais, do conhecimento científico, evidenciando a necessidade de intervenções didáticas que levem os alunos a possíveis evoluções nestas representações.

Palavras chave: representações sociais, radiação, senso comum, conhecimento científico

Abstract

This paper describes the results of a doctorate research titled “How the study of Radiations in intermediate education influences the Social Representations in the school-family context”, aimed at analyzing the Social Representations about the theme of radiation and their possible changes. Based on Moscovici’s Theory of Social Representations, we analyzed the results from a sample of 108 students at a public school from an investigation instrument. The research data treatment was done with Moraes & Galiazzi’s Discursive Textual Analysis, and it allowed us to understand the representations within the consensual universe and the reified universe. The results point to diversity in students’ representations, blending common sense elements with elements, albeit superficial, of scientific knowledge, bringing to light the need for didactic interventions that would lead students to possible changes to those representations.

Keywords: social representations, radiation, scientific knowledge, common sense

Introdução

A sociedade contemporânea está cada dia mais conectada aos avanços tecnológicos, os quais estão diretamente ligados a algum tipo de radiação, seja num simples aquecer de água no micro-ondas a um *self* em algum lugar do planeta e seu compartilhamento quase que instantâneo com várias pessoas.

A radiação é um tema que sugere diversas abordagens, mas normalmente nos remete aos seus possíveis efeitos maléficos, como os referentes à saúde, aos acidentes nucleares, bomba atômica e contaminação, temas estes abordados sempre com mais ênfase pela mídia.

O estudo das radiações está inserido no ensino de Física, mais especificamente nos tópicos de Física Moderna e Contemporânea (FMC). De forma geral, podemos dizer que a denominada FMC, desenvolvida a partir do século XIX, quase não é abordada no ensino básico, onde deveriam ser trabalhados conceitos que servem de base para a compreensão dos fenômenos da natureza e construção do conhecimento científico.

Nas últimas décadas tem-se enfatizado a importância da inserção de FMC no ensino médio, principalmente por meio de pesquisas desenvolvidas nos cursos de pós-graduação, divulgadas através de artigos publicados em periódicos e eventos de ensino de Ciências. Estes estudos são pautados por discussões de temas que apresentam não apenas a parte conceitual, mas uma integração junto à realidade social na qual os estudantes estão inseridos.

Segundo Ostermann e Moreira (2000), desde o final da década de 70 com o projeto Harvard, dirigido ao ensino médio americano, houve a preocupação da inserção de tópicos de Física Moderna na escola média. Estudos realizados no âmbito do ensino de Física sobre atualizações dos currículos que abordam a inserção de tópicos de FMC ensino médio vêm sendo divulgados por vários pesquisadores na área de ensino de Ciências (Ostermann e Moreira, 2000 e 2001; Moreira, 2004; Machado e Nardi, 2003, entre outros).

Contudo, no ensino de Ciências, mesmo com a grande quantidade de pesquisas e projetos desenvolvidos nas últimas décadas sobre ensino-aprendizagem, a disciplina de Física, tanto no nível médio quanto no nível superior, continua sendo ministrada quase que exclusivamente com base no livro-texto, na mesma sequência de conteúdos e na extensiva resolução de exercícios e problemas, sem qualquer contextualização ou aproximação com a realidade cotidiana dos alunos.

Apesar das diversas mudanças que vêm ocorrendo nos últimos anos nos projetos pedagógicos das escolas e nas legislações oficiais da educação, o ensino de Física ainda se apoia em currículos fragmentados, desarticulados da realidade dos estudantes e com ênfase na Física Clássica. Ostermann e Moreira (2001) afirmam que grande parte das escolas não desenvolve aspectos conceituais da Física, recaindo numa ênfase excessiva em equações e problemas simples de aplicação das mesmas. O estudo das Radiações no ensino de Ciências segue o mesmo padrão tradicional de ensino, preocupando-se apenas com a transmissão de conteúdos.

Entendemos que na escola os conteúdos devem ser trabalhados visando melhorar a possibilidade de compreensão e participação dos estudantes, conforme suas realidades. Neste sentido, os documentos oficiais reforçam a importância de temas atuais e modernos no que diz respeito ao ensino de Física, ao afirmarem, por exemplo, que:

Alguns aspectos da chamada Física Moderna serão indispensáveis para permitir aos jovens adquirir uma compreensão mais abrangente sobre como se constitui a matéria, de forma que tenham contato com diferentes e novos

materiais, cristais líquidos e lasers presentes nos utensílios tecnológicos, ou com o desenvolvimento da eletrônica, dos circuitos integrados e dos microprocessadores [...] Mas será também indispensável ir mais além, aprendendo a identificar, lidar e reconhecer as radiações e seus diferentes usos (BRASIL, 2002, p.70, grifo nosso).

Dentro desta realidade, o ensino e a aprendizagem dos efeitos, causas e consequências das diferentes formas de radiações existentes na natureza são pouco explorados, inclusive no contexto familiar, onde o conhecimento sobre este assunto é geralmente obtido através de informações da mídia, leituras em revistas, internet, entre outros. Da mesma forma o estudo de Ciências requer que esta contextualização seja inserida na escola básica. As Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias – PCN+ (Brasil, 2002) para o Ensino de Física, recomendam que o tema Radiações seja abordado na Educação Básica.

Também recomendam que o estudo das radiações em seus diversos enfoques, tanto na parte das competências gerais na área da Ciência da Natureza, como nas competências específicas da disciplina de Física, seja delineado dentro do tema estruturador: Matéria e Radiação, subdividido nas unidades temáticas matéria e suas propriedades, radiações e suas interações, energia nuclear e radioatividade, eletrônica e informática.

Para dar mais consistência à introdução de temas e unidades temáticas, o PCN+ sugere desdobramentos de cada uma das unidades do estudo do tema Matéria e Radiações:

[...] **Radiações e suas interações** - Identificar diferentes tipos de radiações presentes na vida cotidiana, reconhecendo sua sistematização no espectro eletromagnético (das ondas de rádio aos raios gama) e sua utilização através das tecnologias a elas associadas (radar, rádio, forno de micro-ondas, tomografia, etc.). Compreender os processos de interação das radiações com meios materiais para explicar os fenômenos envolvidos em, por exemplo, fotocélulas, emissão e transmissão de luz, telas de monitores, radiografias. Avaliar efeitos biológicos e ambientais do uso de radiações não-ionizantes em situações do cotidiano. **Energia nuclear e radioatividade** - Compreender as transformações nucleares que dão origem à radioatividade para reconhecer sua presença na natureza e em sistemas tecnológicos. Conhecer a natureza das interações e a dimensão da energia envolvida nas transformações nucleares para explicar seu uso em, por exemplo, usinas nucleares, indústria, agricultura ou medicina. Avaliar os efeitos biológicos e ambientais, assim como medidas de proteção, da radioatividade e radiações ionizantes. [...] (BRASIL, 2002, p.78).

Nesse sentido, pretendeu-se identificar e caracterizar as Representações Sociais sobre o estudo das radiações com ênfase nas competências específicas das unidades temáticas sugeridas no PCN+: radiações e suas interações e energia nuclear e radioatividade, acima citadas. Dentro deste contexto, buscamos trazer, pelo presente trabalho, uma análise dessas representações dos estudantes do ensino médio sobre o tema Radiação.

Referencial Teórico

A Teoria das Representações Sociais (TRS) foi proposta inicialmente por Serge Moscovici (1961,1976) no seu trabalho intitulado *La Psicanalyse: Son image et son public*, que abordou o fenômeno da socialização da psicanálise e sua transformação para servir a outros usos e

funções sociais, visando estudar a forma e a razão pelas quais as pessoas partilham o conhecimento.

Compreender como os sujeitos e os grupos sociais constroem e reconstróem a realidade social em que estão inseridos, na busca de um mundo estável e previsível, considerando as diversidades existentes, é a função da TRS, segundo Moscovici (2003).

Uma das principais colaboradoras e pesquisadora do estudo das TRS, Denise Jodelet (2002) define o conceito de Representações Sociais como uma forma de conhecimento socialmente elaborado e compartilhado, com um objetivo prático, e que contribui para a construção de uma realidade comum a um conjunto social.

A mesma autora afirma que a Representação Social deve ser estudada articulando elementos afetivos, mentais e sociais, e integrando, ao lado da cognição, da linguagem e da comunicação, as relações sociais que afetam as representações e a realidade material, social e ideal (das ideias) sobre a qual elas vão intervir (Jodelet, 2002). Além disso, as Representações Sociais devem ser projetadas como um modo particular de compreender e compartilhar o que já é sabido, pois abordam:

um sistema de valores, ideias e práticas, com uma dupla função: primeiro, estabelecer uma ordem que possibilitará às pessoas orientar-se em seu mundo material e social e controlá-lo; e, em segundo lugar, possibilitar que a comunicação seja possível entre os membros de uma comunidade, fornecendo-lhes um código para nomear e classificar, sem ambiguidade, os vários aspectos de seu mundo e da sua história individual e social (MOSCOVICI, 2003, p. 21).

Bertolino (2009), afirma que as Representações Sociais distinguem-se como um grupo conjugado de conceitos, suposições e elucidações decorrentes do dia a dia das comunicações interpessoais, equivalendo, em nossa realidade, aos mitos e crenças das sociedades tradicionais, além de poderem ser concebidas como uma variante do senso comum no mundo contemporâneo. Neste contexto, as Representações Sociais apresentam-se imersas nos conhecimentos prévios, o que faz o estudo destas fundamentais no contexto do nosso trabalho.

Aspectos Metodológicos

Realizamos uma pesquisa qualitativa com coleta de dados efetuada por meio de um questionário, com uma questão aberta sobre o tema Radiação, seguida do teste de evocações. Desta maneira o presente trabalho objetiva um levantamento das possíveis Representações Sociais a respeito das diversas formas de Radiações no contexto escola-família. Ele se inclui no estudo da TRS em relação à aprendizagem do estudo das Radiações, visto que o tema está inserido no cotidiano dos estudantes, cada dia mais repleto de avanços tecnológicos que utilizam algum tipo de radiação, o que os leva à criação de um senso comum do qual emergem suas Representações Sociais.

Na investigação dessas representações, muitas são as possibilidades de metodologias a serem utilizadas para coletar as informações. Arruda (2002), afirma que para a pesquisa em Representações Sociais podem ser utilizados diversos instrumentos.

A coleta de material para este tipo de enfoque geralmente é feita com metodologias múltiplas, que podem ser entrevistas, questionários, observações, pesquisa documental e tratamento de textos escritos ou imagéticos. Sua abrangência tenta capturar os diversos momentos e

movimentos da elaboração da representação, embora dificilmente se possa abarcar todos eles em uma única pesquisa (ARRUDA, 2002 p. 140).

Para a coleta das representações dos sujeitos da pesquisa utilizamos como instrumento um questionário subdividido em duas partes. A primeira, constituída de uma questão aberta, buscou a partir do tema indutor radiação, identificar as ideias mais expressivas dos estudantes sobre o tema. A segunda, por sua vez, foi constituída de um teste de evocação hierarquizada, proposto por Abrie (2003), dividido em duas etapas.

Na primeira etapa realizamos o teste de associação livre, quando solicitamos que cada um dos estudantes escrevessem todas as palavras ou expressões que surgissem em suas mentes a partir do termo indutor radiação. Na segunda etapa, denominada de hierarquização, foi solicitado para que classificassem as palavras ou expressões anteriormente escritas, de acordo com a importância que os alunos acreditam que elas teriam no contexto do trabalho.

Para esse artigo foram analisadas as respostas da questão aberta implementada na primeira parte, onde buscou-se investigar as possíveis Representações Sociais dos alunos a respeito do tema Radiação.

A pesquisa foi desenvolvida junto a seis turmas do ensino médio, turno tarde, em uma escola estadual da cidade de Santa Maria - RS, Brasil, no segundo semestre de 2014. O total de estudantes que participaram da pesquisa foi de 108 alunos, matriculados regularmente no ensino médio.

Para a análise das respostas obtidas na investigação das Representações Sociais acerca do tema Radiação, utilizamos a Análise Textual Discursiva (ATD) de Moraes e Galiazzi, que pode ser compreendida como

[...] um processo auto-organizado de construção de compreensão em que novos entendimentos emergem de uma sequência recursiva de três componentes: desconstrução dos textos do corpus, a unitarização; estabelecimento de relações entre os elementos unitários, a categorização; o captar do novo emergente em que a nova compreensão é comunicada e validada (MORAES, 2003, p. 192).

A partir dessa análise foram criadas três (3) categorias *a priori*, assim denominadas, segundo Moraes & Galiazzi (2013), por serem construídas anteriormente à análise das respostas, e doze (12) subcategorias, que emergiram após a unitarização e categorização das respostas (quadro 1). As categorias foram criadas com base nas unidades temáticas sugeridas pelo PCNEM, quais sejam, radiações e suas interações, energia nuclear e radioatividade. As mesmas foram divididas em subcategorias apresentadas/descritas no quadro 1.

Resultados e Discussões

Para verificarmos as Representações Sociais da questão aberta “*Para mim Radiação está relacionada com...*”, foram analisadas as respostas das turmas de primeira e segunda série do ensino médio, atribuindo-se a letra “A” enumerada de A.1 a A.108 para identificar as respostas dos alunos.

Através da análise das respostas observamos que os alunos investigados apresentam representações sobre tema Radiação com ideias diferentes, o que nos levou a criar subcategorias a partir das categorias A, B e C, conforme tabela 1.

X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC
Águas de Lindóia, SP – 24 a 27 de Novembro de 2015

Categorias	Definição das categorias	Subcategorias	Percentual de respostas %
CATEGORIA A	Agrupa as respostas que remetem à unidade temática <i>Radiações e suas Interações</i> . Nesta categoria as Representações Sociais emergidas foram divididas em subcategorias, pois as repostas compreenderam desde as radiações do espectro eletromagnético, suas tecnologias associadas, além de outras repostas que se inseriram nas subcategorias relativas a interação das radiações com o meios materiais.	Tecnologia	16,7
		Radiação Solar	9,3
		Raio X	9,3
		Energia	8,3
		Ondas eletromagnéticas	5,5
		Elettricidade	1,9
CATEGORIA B	Agrupa as respostas que remetem à unidade temática <i>Energia Nuclear e Radioatividade</i> . Nesta categoria as Representações Sociais foram divididas em subcategorias, pois as repostas mencionadas referiam-se a radioatividade, suas aplicações na medicina, seus efeitos maléficos para a saúde e o ambiente, bem como referências à bombas nucleares.	Radioatividade – bomba atômica	12,9
		Malefícios à Saúde	10,2
		Ambiente	6,5
CATEGORIA C	Abrange as repostas em que não houve menção a palavras ou expressões que a relacionem radiação diretamente ao uso, aplicação, interação, fontes, propriedades, ou repostas inseridas num contexto que não permitia identificar a representação do aluno.	Cotidiano	8,3
		Disciplinas	6,5
		Em branco	4,6

Quadro 1: Categorização das repostas com seus respectivos percentuais

Para Moscovici as representações podem ser explicitadas por duas formas de difusão do conhecimento, denominadas universo consensual e universo reificado, cada um gerando suas próprias representações.

Encontramos nas respostas dos alunos tanto respostas do universo consensual, que parte do senso comum para explicar o conhecimento científico envolvido, quanto do universo reificado que se origina da ciência, onde a linguagem é entendida através de equações e teorias. Neste contexto, Arruda define esses universos como:

Universo consensual – [...] Aquele que se constitui principalmente na conversação informal, na vida cotidiana. As Representações Sociais constroem-se mais frequentemente na esfera consensual, embora as duas esferas não sejam totalmente estanques. As sociedades são representadas por grupos de iguais, todos podem falar com a mesma competência. A Representação Social é o senso comum, acessível a todos. - Universo reificado (ou científico) – Se cristaliza no espaço científico, com seus cânones de linguagem e sua hierarquia interna. A sociedade é de especialistas onde há divisão de áreas de competência. Aqui é a Ciência que retrata a realidade independente de nossa consciência; estilo e estrutura fria e abstrata (ARRUDA, 2002, p.130).

Observamos que uma pequena quantidade de representações analisadas inseriu-se no universo reificado, o que evidencia algum conhecimento científico adquirido pelos alunos em sala de aula. Por outro lado, houve uma grande quantidade de repostas que compartilharam do

universo consensual, o que era esperado, pois os investigados não possuíam conhecimento aprofundado acerca do tema radiação.

Algumas das respostas demonstraram, também, que os alunos da segunda série, ao responder a questão, se valeram de alguns conceitos estudados nas aulas de Química e Física, o que pode-se observar pelas respostas classificadas na subcategoria *Ondas eletromagnética*.

[...] com processos de transferência de energia, pois é transmitida por ondas eletromagnéticas, que é composto pelo espectro eletromagnético, diferentes tipos de radiações. (B.75).

[...] com o espectro eletromagnético, composto pelo raiox, micro-ondas, infravermelho (B.80).

Da mesma forma, algumas respostas foram inseridas na subcategoria *Radioatividade*, pois o conteúdo é geralmente ministrado na disciplina de química, no final do ano letivo, mesmo período em que a pesquisa foi desenvolvida, o que ficou evidenciado pelo percentual verificado (tabela1).

[...] com processos radioativos e através da emissão de raios, pois cada interação tem alguma reação que libera alguma radioatividade (A.66). [...] com a radioatividade e a propriedade que os átomos tem de emitir radiação alfa e beta nos processos nucleares. (B.100).

Pudemos perceber que as representações foram provenientes de atividades intelectuais, emergidas a partir do conhecimento adquirido em aula, inserindo-se dentro do universo reificado. A análise dos dados revelou, também, que a maioria dos sujeitos da pesquisa apresentou Representações Sociais inseridas no universo consensual, produzidas pelo pouco conhecimento dos alunos acerca do tema, evidenciando ideias presentes no senso comum, compartilhadas nas relações familiares, ou difundidos pela mídia, entre outros. Nas subcategorias *Energia, Raio X, Malefícios à Saúde e Radiação Solar* observou-se que os estudantes apresentaram respostas que estão partilhadas e traduzidas por conhecimentos adquiridos muitas vezes de conhecimentos pertencentes ao universo reificado, transformados muitas vezes numa versão mais acessível para vivência diária.

[...] com várias coisas, mas na minha opinião com radiação solar, que pode causar câncer de pele (A.41). [...] com a energia própria do sol, a emissão de raios e energia, podem ser prejudiciais a saúde [...] (B11). [...] está relacionada com a luz solar, pois o sol irradia sua luz solar para terra e pode causar câncer de pele (B.2). [...] com consequências, pois se a pessoa é muito exposta a ele sofre algumas complicações como o câncer (B.79).

Importante ressaltar que algumas das repostas das subcategorias *Ambiente, Eletricidade e Tecnologia*, inseridas no universo consensual, são provenientes de conhecimentos produzidos no universo reificado, normalmente modificados e disseminados pelos meios de comunicação para facilitar o entendimento popular.

[...] com quase tudo em nossa volta e como o meio ambiente (A.29). [...] com a luz, iluminação, eletricidade, pois produz radiação (A.35). [...] com equipamentos eletrônicos, pois eles emitem radiação (A.20). [...] com o uso do celular, pois ele emite um grau de radiação no dia a dia (A.80). [...] com as radiações do meio ambiente, e os perigos que causam quando estão presentes no lixo radioativo. (B47)

Na Categoria C foram incluídas as respostas em que não foi possível identificar uma Representação Social definida, por serem respostas vagas, genéricas ou não respondidas pelos estudantes, por sua vez distribuídas nas subcategorias *Disciplinas, Cotidiano e Em Branco*.

[...] com física e química, pois são áreas muito abrangentes e úteis diariamente (B.102). [...] com características presentes no nosso cotidiano, tem intensa importância (B.51). [...] com várias coisas de nossa vida, no dia a dia (A.21).

Considerações Finais

Nesse estudo objetivamos compreender e identificar as Representações Sociais, consideradas na acepção de conhecimento do senso comum, que alunos do ensino médio possuem sobre o tema Radiação. A análise das respostas, dentro da classificação por nós sugerida, evidenciou quais categorias estão mais ligadas ao senso comum, muitas vezes influenciadas pela mídia e pelos grupos sociais a que pertencem, como escolas, comunidades, grupos de amigos e religião. Ficou claro que o tema Radiação foi relacionado a questões ligadas a malefícios da saúde, questões que remetem à bomba atômica, a contaminação e a tecnologia, temas estes recorrentes nos meios de comunicação.

Conforme os estudos das Representações Sociais sugerem, as respostas apresentadas pelos estudantes se mostraram diversificadas, mesclando elementos do universo consensual com elementos do universo reificado, evidenciando a importância do saber compartilhado no cotidiano dos alunos, e como este saber influencia nas suas representações. Esta percepção superficial do conhecimento sobre radiação emergida das Representações Sociais deve auxiliar o professor no seu planejamento didático para transformar o senso comum em conhecimento científico.

Por fim, a pesquisa mais ampla da qual este trabalho faz parte, continua em desenvolvimento, na busca de identificar novas Representações Sociais também no contexto familiar, aprofundando a análise a partir da categorização destas novas representações, para, após a aplicação de unidades didáticas específicas, investigar se houve ou não evoluções nas representações dos estudantes sobre o tema Radiação.

Referências

- ABRIC, J.C., L'analyse structurale des representations, in S. Moscovici (éd.). **Méthodologie des sciences sociales**. Paris : PUF, 2003.
- ARRUDA, A. Teoria das Representações Sociais e Teorias de Gênero, **Cadernos de Pesquisa**, n. 117, p. 127-147, novembro/ 2002
- BERTOLINO, O. C. K. , Representações Sociais de Médicos e Enfermeiros sobre a Distanásia em UTI, **Dissertação de Mestrado**, UFSM, 2009.
- BRASIL, **Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**, 2002
- JODELET, D. Representações sociais : um domínio em expansão. In: JODELET, D. (org.). **As Representações sociais**. Rio de Janeiro: Eduerj, 2002, p.17-44.
- MACHADO, D.I., NARDI, R., Avaliação do ensino e aprendizagem de Física Moderna no ensino médio. **IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Bauru, 2003.
- MORAES, R. ; GALIAZZI, M. C. **Análise Textual Discursiva**. Ijuí: Ed. Unijuí, 2013.
- MORAES, R. Uma Tempestade de Luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Ciência & Educação**, Bauru/SP, v. 9, n. 2, p. 191-211, 2003.
- MOSCOVICI, S. **Representações Sociais: investigação em psicologia social**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2003.
- OSTERMANN, F.; MOREIRA, M.A., Atualização do currículo de Física na escola de nível médio: um estudo dessa problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores. **Caderno Catarinense de Física**, Florianópolis, V1, 2001.
- _____. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa física moderna e contemporânea no ensino médio. **Investigação no Ensino de Ciências**, v.5, n.2, 2000.

ANEXO 4

XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC
Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC – 3 a 6 de julho de 2017

O estudo da luz visível no ensino médio a partir do campo conceitual de Vergnaud

The study of visible light in high school from the conceptual fields of Gérard Vergnaud

Lisiane Barcellos Calheiro

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
lisbarcellos@hotmail.com

José Claudio Del Pino

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
delpinojc@yahoo.com.br

Resumo

Este trabalho apresenta resultados de uma das etapas de uma pesquisa de doutorado, na área de Educação em Ciências. Nosso objetivo, nesta etapa, foi fazer o levantamento de possíveis invariantes operatórios do campo conceitual de diferentes radiações eletromagnéticas, a partir de situações-problema, à luz da Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud. Neste artigo exploramos a radiação da luz visível durante uma das sequências de uma unidade de ensino potencialmente significativa (UEPS). A proposta foi implementada no terceiro ano do ensino médio, com um grupo de 41 estudantes. Os resultados obtidos indicam que a aplicação das situações tem contribuído para uma melhor compreensão, no campo conceitual, das radiações. Mostrou, também, a importância de se conhecer os invariantes operatórios dos estudantes, pois este conhecimento facilita a elaboração das novas situações, ancoradas nestes invariantes iniciais, contribuindo para que o aluno amplie seu campo conceitual.

Palavras chave: radiação, campo conceitual, luz visível, invariantes operatórios

Abstract

This paper presents results of one of the stages of a doctoral research in the area of Science Education. The objective, at this stage, was to survey possible operative invariants of the conceptual field of different electromagnetic radiations, from problem situations, in the light of Vergnaud Conceptual Field Theory. In this paper we explore the radiation of visible light during one of the sequences of a potentially meaningful teaching unit (PMTU). The proposal was implemented in the third year of high school, with a group of 41 students. The results indicate that the application of the situations has contributed to a better understanding, in the conceptual field, of the radiations. It also showed the importance of knowing the operative invariants of the students, since this knowledge facilitates the elaboration of the new situations, anchored in these initial invariants, contributing for the student to expand its conceptual field.

Key words: radiation, Conceptual field, visible light, operational invariants

Introdução

Grande parte dos professores do ensino médio ainda ministra suas aulas com base nos conteúdos tradicionais da Física Clássica encontrados nos currículos escolares, e que fazem parte do projeto pedagógico das escolas. Não inserem tópicos de Física Moderna e Contemporânea – FMC em suas aulas, reproduzindo, assim, um ensino com ênfase no livro texto e na memorização de fórmulas, sem contextualizações e abordagens que incentivem o aluno a interagir com a tecnologia e o conhecimento científico contemporâneo.

Pereira e Aguiar (2002) afirmam que “o ensino de física no nível médio tem se limitado, principalmente, a temas da física clássica: mecânica, eletricidade e magnetismo, calor e ótica. Além disso, esse ensino se caracteriza, na maioria das vezes, por aulas teóricas e descritivas distantes da realidade dos alunos”. Para Ostermann e Moreira (2001), grande parte das escolas não desenvolve aspectos conceituais da Física, recaindo numa ênfase excessiva e insistente na aplicação de equações e problemas simples.

Tópicos de FMC levam o estudante a desenvolver o senso crítico sobre temas presentes no seu dia a dia, fazendo com o que ele participe ativa e conscientemente de discussões científicas e aprimore suas opiniões sobre estas. Segundo Pereira e Aguiar (2002), o ensino de Física deve “estimular ideias, permitindo ao aluno pensar e interpretar o mundo que o cerca”. Entendemos ser o cotidiano vivenciado pelos estudantes fundamental na definição de conteúdos relevantes em cada situação.

A nosso ver, consideramos fundamental o estudo das radiações, um dos tópicos de FMC, pois elas estão presentes em nosso cotidiano de diferentes maneiras: na beleza do arco-íris, numa simples tarefa de aquecer um copo de leite no micro-ondas, ao ligar a televisão com o controle remoto, ou em contextos mais complexos, como no diagnóstico médico e no tratamento de doenças com a quimioterapia e a radioterapia. Tanto explicá-la como compreendê-la, em todas as suas dimensões, é um desafio. Atualmente, várias são as aplicações das radiações eletromagnéticas, e seus efeitos podem ser maléficos e benéficos, de tal forma que o estudo das mesmas se faz necessário já na educação básica. Sousa et al. (2009) concluem que a Física das Radiações abrange uma grande quantidade de conhecimentos, utilizados das mais diversas maneiras pela nossa sociedade tecnológica, sendo clara a falta de propostas para sua inserção no ensino médio.

Do mesmo modo, a radiação é um tema que possui diferentes abordagens, além de ter um enfoque interdisciplinar que permite sua contextualização. Assim, se faz necessário tornar os conceitos que a envolvem algo natural ao pensamento do estudante da escola básica, rompendo o paradigma do formalismo matemático, através de desenvolvimento de estratégias que venham privilegiar sua compreensão; ou seja, pensar numa proposta que permita aos estudantes, no contexto escolar, uma aproximação com conceitos científicos vivenciados pelos mesmos, capacitando-os a entender os fenômenos que os rodeiam.

Portanto, é fundamental pensar o planejamento didático com situações que possam enriquecer os conhecimentos prévios dos alunos, organizando-as dentro de campos conceituais.

Nesse sentido, um planejamento didático a partir da Teoria dos Campos Conceituais – TCC de Gérard Vergnaud, que é uma teoria psicológica cognitivista que pressupõe a conceitualização do real como o núcleo do desenvolvimento cognitivo, pode facilitar o ensino e a aprendizagem de conceitos que envolvem a radiação. Vergnaud, através da sua teoria, procura investigar o sujeito do conhecimento em resposta a uma situação de ensino. Para ele, o conhecimento se encontra organizado em campos conceituais, dos quais os estudantes se

apropriam ao longo do tempo, através da experiência, da maturidade e da aprendizagem (MOREIRA, 2002). Os campos conceituais são definidos por Vergnaud como:

um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento, conectados uns aos outros e, provavelmente, entrelaçados durante o processo de aquisição (VERGNAUD, 1998, p.173).

Na TCC, a conceitualização é o fator determinante para o desenvolvimento cognitivo. Nela o autor destaca que a “situação” refere-se a uma tarefa, seja ela teórica ou empírica, que será realizada nos contextos culturais vivenciadas pelos sujeitos. Pelo fato do núcleo do desenvolvimento cognitivo ser a conceitualização, Vergnaud destaca que é preciso se deter aos aspectos conceituais dos esquemas e à análise conceitual das situações em que os alunos desenvolvem seus esquemas, tanto na escola quanto na vida real. Para Vergnaud, o centro do desenvolvimento cognitivo é a conceitualização. É fundamental compreendermos o que é conceito na TCC.

Para o autor, o conceito é tido como formado por três conjuntos. Primeiro, o conjunto das situações (S) que dão sentido ao conceito; segundo, os invariantes (I) sobre os quais repousa a operacionalidade dos conceitos. Os invariantes representam o significado do conceito; e terceiro, as representações simbólicas (R) que podem ser utilizadas para indicar e representar os invariantes. São identificadas como o significante do conceito (VERGNAUD, 1993).

A investigação relatada neste artigo apresenta os resultados iniciais de um estudo que visa descrever e analisar os campos conceituais apresentados por alunos do ensino médio, quando da aprendizagem dos conceitos de Radiação. Dessa investigação, pode-se inferir, *a priori*, indicadores para pesquisar os conhecimentos prévios implícitos, que contêm invariantes operatórios utilizados pelos alunos ao abordar as situações propostas referentes a esses conceitos, que não são verdadeiros conceitos e teoremas científicos, mas que podem evoluir para eles (MOREIRA, 2002).

Os invariantes operatórios representam o significado do conceito. Aqueles cujas categorias principais são teoremas-em-ação e conceitos-em-ação constituem a base conceitual implícita que permite obter a informação pertinente e, a partir dela e dos objetivos a alcançar, inferir as regras de ação mais pertinentes (VERGNAUD, 1998). Parisoto, 2011 refere-se a conceito-em-ação e ao teorema-em-ação como:

conceito-em-ação: é um conhecimento necessário para resolver um problema ou uma questão. Através dele identificamos informações necessárias para resolver problemas; mas ele não permite operar. Para isso usamos os teoremas-em-ação, que são formados pelos conceitos-em-ação. Ambos não podem ser considerados verdadeiros, mas relevantes ou irrelevantes. Apenas os teoremas científicos podem ser considerados verdadeiros ou falsos (PARISOTO, 2011, p.50).

Assim, é fundamental que o professor, no seu planejamento didático, crie diferentes situações que possam engrandecer os esquemas dos alunos. Um conceito só é significativo quando se variam as situações, apresentando inúmeras estratégias de ensino para que o sujeito crie seus esquemas e suas próprias ações e organizações (MOREIRA, 2011).

Para analisar os possíveis invariantes operatórios dos alunos do ensino médio dentro do campo conceitual das Radiações Eletromagnéticas, foi implementada uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa–UEPS, com situações-problema de diferentes tipos de radiações. Sobre as UEPS, podemos dizer que foram propostas por Moreira (2011) e construídas para facilitar a aprendizagem. São sequências didáticas fundamentadas em teorias de aprendizagem, mais especificamente a teoria da aprendizagem significativa. As atividades

desenvolvidas nas UEPS proporcionam um maior diálogo entre os estudantes, e destes com o professor, pelo uso de diversos materiais e estratégias. No esquema 1 estão apresentados, resumidamente, os 8 aspectos sequenciais para o seu planejamento.

1. **Definição de Conceitos:** os tópicos a serem abordados devem explicar como as informações serão declaradas para posteriormente servirem de base para a construção dos conhecimentos;
2. **Investigação de conhecimento prévio:** elaborar situações que visem a explicitação da estrutura cognitiva relevante;
3. **Situações Problema Introdutórias:** utilizando estratégias diversificadas (simulações computacionais, vídeos, exemplos do cotidiano, entre outros) para dar sentido aos novos conhecimentos;
4. **Diferenciação Progressiva:** deve-se partir de conhecimentos mais gerais e partir para os mais inclusivos;
5. **Complexidade:** estruturar os conhecimentos através da apresentação de novas situações problemas em um nível mais alto de complexidade, diferenciação e abstração;
6. **Reconciliação Integrativa:** retomar as características essenciais dos conteúdos, através da apresentação de novos significados;
7. **Avaliação:** registrar, ao longo da intervenção, todos os possíveis indícios de evoluções conceituais, denotando aprendizagens significativas;
8. **Efetividade:** verificação de êxito na implementação da UEPS, através da avaliação de desempenho dos alunos denotada através da análise da progressiva evolução de um campo conceitual, enfatizando evidências contínuas e não em comportamentos finais.

Esquema 1. Passos para a elaboração da UEPS (CALHEIRO *et al.*, 2014).

Neste trabalho, que faz parte de uma pesquisa de doutorado em que abordamos tópicos de radiação, vamos explorar e verificar os possíveis invariantes operatórios da radiação da luz visível, a partir situações-problema presentes em um dos passos da primeira UEPS elaborada.

Metodologia

O estudo teve início em 2016, em duas turmas do terceiro ano de uma escola estadual, na cidade de Santa Maria, com um grupo de 41 alunos sob a regência da primeira autora, com a implementação de duas UEPS. Teve como objetivo inserir os conceitos dos diferentes tipos de radiações no planejamento das aulas para o ensino médio, integrando-os aos conteúdos clássicos da Física, mais especificamente com a Óptica. Neste trabalho vamos analisar os resultados de três situações-problema iniciais da primeira UEPS desenvolvida (quadro 1).

Objetivos	Algumas situações desenvolvidas pelos alunos
1. Definição dos conceitos	Integração entre Radiação Eletromagnética e os conceitos de Óptica
2. Investigação do conhecimento prévio	Elaboração individual de mapas mentais e de um texto explicativo a partir do termo Radiação. Discussão em aula de questões, a partir dos mapas e registradas no diário.
3. Situações-problema introdutórias	Desenvolvidas três situações-problema num nível introdutório, onde foram trabalhadas a natureza, fenômenos, princípios e a formação das cores. <i>Situação 1 – Explique o que você entende por luz visível? Situação 2 – Ao assistir a cerimônia de abertura das Olimpíadas do Rio, você provavelmente se encantou com as cenas apresentadas, como aquela que mostrou a queima dos fogos de artifícios. São espetáculos pirotécnicos que colore o céu. Como você explicaria o colorido dos fogos? Situação 3 – Como as cores produzidas nos fogos de artifícios chegam aos nossos olhos?</i>
4. Diferenciação progressiva	Novas situações-problema com um nível maior de complexidade, com o propósito de discutir o conceito de energia, frequência, comprimento de onda, a partir de um experimento. Neste passo também foram introduzidas situações que

XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC
Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC – 3 a 6 de julho de 2017

	exploraram a radiação infravermelha e a radiação ultravioleta.
5. Complexidade	Os conceitos foram novamente apresentados a partir de situações-problema com maior nível de complexidade. Neste passo foram trabalhadas atividades experimentais das radiações ultravioleta e infravermelha.
6. Reconciliação integrativa	Os conteúdos essenciais da UEPS foram retomados de forma expositiva dialogada, com o objetivo de rever os conceitos e relacioná-los, destacando algumas dificuldades e a complexidade do espectro eletromagnético, bem como a integração dos conteúdos. Ficou claro que os tópicos da Física Clássica e de FMC se completam, pois não são conteúdos isolados.
7. Avaliação	Subdividida em duas etapas: Avaliação somativa individual: realizada através das respostas às questões abertas e fechadas sobre os diferentes tipos de radiação. Avaliação da Aprendizagem da UEPS: realizada através da elaboração de um mapa conceitual, finalizando as atividades de avaliação da UEPS.
8. Efetividade	Análise qualitativa sobre as atividades realizadas no desenvolvimento da UEPS.

Quadro1 – Síntese da UEPS implementada

As três situações-problema iniciais foram realizadas individualmente pelos estudantes. Estas situações, que fazem parte de uma das etapas da pesquisa, tiveram como objetivo levantar os possíveis invariantes operatórios prévios da radiação eletromagnética da luz visível, para identificar a estrutura conceitual dos estudantes. Cabe ressaltar que diferentes radiações foram exploradas na pesquisa, mas neste trabalho estes invariantes referem-se à aprendizagem do campo conceitual da radiação da luz visível. Nas situações-problema iniciais o nosso foco foi introduzir o conceito de luz visível, que possui natureza eletromagnética. Com as questões objetivou-se avaliar o conhecimento prévio do aluno a partir dos invariantes operatórios que surgiram a partir das respostas dos estudantes às situações; a partir das respostas elaboramos novas situações.

Resultados

Um dos objetivos da pesquisa maior é construir o campo conceitual da radiação eletromagnética a partir de diferentes situações. No presente artigo, analisamos os possíveis invariantes operatórios iniciais verificados através das situações presentes na primeira UEPS, através de uma análise qualitativa das respostas dadas pelos estudantes.

Subentende-se aqui que os conhecimentos prévios fazem parte da conceitualização, assim como os invariantes operatórios. Desta forma os teoremas-em-ação e os conceitos-em-ação podem estar relacionados aos conhecimentos prévios, e devem ser representações implícitas ou não. Nas Ciências os conceitos ou teoremas são explícitos e podemos discutir sua validade. O mesmo não se pode afirmar dos invariantes, pois estes geralmente são implícitos ou de difícil compreensão.

Importante ressaltar que o objetivo deste trabalho não é categorizar os invariantes encontrados, mas identificar possíveis invariantes existentes e os tipos de situações que privilegiam a explicitação destes. Para atingirmos o nosso objetivo, analisamos uma das três situações iniciais que fazem parte de um dos passos da UEPS, explorando os possíveis invariantes operatórios iniciais da luz visível.

Situações-problema iniciais

Nas situações-problema iniciais o nosso foco foi introduzir o conceito de luz visível, que possui natureza eletromagnética. Nestas questões, o objetivo foi o de avaliar o conhecimento prévio do aluno a partir dos invariantes operatórios que surgiram da análise das respostas dos estudantes às situações.

Situação 1 – Explique o que você entende por luz visível?

Durante a implementação da situação 1, dos 41 alunos, 38 responderam e 3 deixaram sem resposta. A partir das respostas dos estudantes pudemos identificar diferentes invariantes

operatórios, com uma maior ocorrência no tipo conceito-em-ação, pois algumas das respostas são consideradas pertinentes ao campo conceitual estudado. Para exemplificar apresentamos alguns destes possíveis invariantes (tabela 1).

Invariante operatório do tipo conceito-em-ação	Número de alunos
Luz produzida a partir da energia...	6
A luz como uma transformação da energia solar...	6
A luz visível se manifesta na lâmpada...	5
O visível da luz ocorre a partir da eletricidade...	8
A luz se manifesta de fogos, da queima de substâncias...	2
...a luz visível é a energia liberada dos corpos...	1
TOTAL	28

Tabela 1. Exemplos de possíveis invariantes operatórios do tipo conceito-em-ação

Nota-se, pela tabela 1, que ao responder a questão os estudantes definem o conceito de luz visível em função do termo, do processo, da ação que este objeto de estudo pode proporcionar, e não em função da definição propriamente dita, pois este aluno se apoia no senso comum e nos contextos vivenciados. Estes invariantes permitiram à professora elaborar diferentes situações, que serviram de âncora para a formação de um campo conceitual de radiação eletromagnética. Num menor número, observamos possíveis invariantes operatórios do tipo teorema-em-ação (tabela 2). Nesta categoria consideramos o pensamento do estudante como verdadeiro sobre o real a ser estudado.

Invariante operatório do tipo teorema-em-ação	Número de alunos
.....os fótons produzem luz e as cores	1
Os átomos se chocam numa determinada frequência	1
A luz visível se dá a partir do movimento de partículas...	1
A partir da explosão da matéria....ou fusão dos elementos	2
Através de ondas eletromagnéticas e saltos nas camadas dos átomos	1
Luz produzida a partir da corrente elétrica e do campo magnético...	2
...a luz pode ser explicada a partir dos átomos, elétrons, prótons...	2
TOTAL	10

Tabela 2. Exemplos de possíveis invariantes operatórios do tipo teorema-em-ação

Observa-se, a partir das respostas dos alunos na tabela 2, que poucos apresentaram invariantes coerentes com os cientificamente aceitos, sendo as respostas confusas e com poucos argumentos para determiná-los.

Dessa forma, para termos certeza que os invariantes acima citados estão realmente dentro do referencial dos campos conceituais, se fez necessário aplicar outras situações-problema que possibilitem aos estudantes externalizar explicações para as respostas dadas nas situações.

Para a situação 2 buscou-se explorar a relação das cores dos fogos com a luz visível e a forma como elas surgem, pois algumas substâncias emitem fótons de luz a um comprimento de onda visível ao olho humano e são utilizadas em fogos de artifícios em cores vibrantes. Assim procuramos verificar a partir das respostas dos estudantes as possíveis relações que estes possam fazer dos diferentes conceitos.

Situação 2 - Ao assistir a cerimônia de abertura das Olimpíadas do Rio, você provavelmente se encantou com as cenas apresentadas, como aquela que mostrou a queima dos fogos de artifícios. São espetáculos pirotécnicos que colore o céu. Como você explicaria o colorido dos fogos?

Para esta situação apuramos os invariantes iniciais conforme tabela 3, com o objetivo de explorar os conceitos prévios da luz visível. Em situações posteriores foram exploradas a estrutura atômica e a emissão de luzes e os conceitos relacionados ao átomo de Bohr. Cabe

XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC
Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC – 3 a 6 de julho de 2017

ressaltar que, junto a essas três situações iniciais, foram desenvolvidas outras situações que integraram os conceitos de radiação eletromagnética ao estudo da ótica.

Invariante operatório do tipo conceito-em-ação	Número de alunos
O colorido ocorre pela queima da pólvora ...liberam energia	10
...através de reações químicas.....liberam explosões com cores...	6
...as diferentes cores ocorrem através das misturas de substâncias...	9
...a química transforma as cores.....	4
...energias diferentes produzem as cores....	1
Acredito que as cores surgem/reagem através da fotoluminescência	4
TOTAL	34

Tabela 3. Exemplos de possíveis invariantes operatórios do tipo teorema-em-ação

Dos 41 estudantes, 7 não responderam a questão. Os demais responderam e não apresentaram nenhum invariante operatório do tipo teorema-em-ação, pois o objetivo da situação era identificar os invariantes que mais se aproximassem da relação do porquê do colorido dos fogos, a partir do campo conceitual da radiação da luz visível. Os 34 alunos apresentaram invariantes do tipo conceito-em-ação, justificando as cores com a química, o que permite inferir que as ideias dos estudantes são verdadeiras em relação à situação.

Na situação 3 buscou-se explorar a integração de conceitos clássicos da Física com os da FMC, a partir dos possíveis invariantes operatórios dos conceitos introdutórios de ótica, como os princípios ondulatórios e os de propagação da luz e alguns aspectos da visão.

Os aspectos explorados foram os seguintes: Como identificamos a cor? Por que certas substâncias produzem diferentes cores? Sabe-se que as cores estão ligadas à luz; ela vibra com certa frequência e cada frequência corresponde a uma cor. Quando um feixe de luz toca algum objeto colorido, uma parte deste feixe é refletido, enquanto o restante é absorvido pelo objeto. Deste modo, só podemos ver a cor correspondente à frequência refletida. Tentamos identificar alguns desses princípios e conceitos que são introduzidos no estudo da ótica, através de possíveis invariantes operatórios prévios, apurados através das respostas dos alunos.

Situação 3 – Como as cores produzidas nos fogos de artifícios chegam aos nossos olhos?

Nesta atividade estavam presentes 39 alunos. Apenas 6 alunos deixaram sem resposta e 33 responderam a situação-problema proposta. Algumas respostas foram relacionadas a conceitos ligados à Física, e outras estão mais próximas de conceitos ligados à Biologia e à Química. Consideramos as respostas do tipo conceito-em-ação as mais pertinentes ao estudo do Campo Conceitual que estávamos construindo, ou seja, o campo conceitual da luz visível, conforme, tabela 4. Não foram transcritas todas as respostas, mas a ideia geral que elas apresentavam na sua maior frequência. Nesta situação as respostas foram consideradas do tipo conceito-em-ação, pois os conhecimentos implícitos nestas são necessários para resolver a situação ou interpretá-la. São informações intuitivas capazes de nos fornecer ideias prévias sobre o campo conceitual a ser formado.

Invariante operatório do tipo conceito-em-ação	Número de alunos
"... enxergamos as cores a partir da reflexão da luz nos objetos." "...refletem nos nossos olhos....."	11
...através do estudo da ótica..." estudo da visão..."	4
"...as cores são definidas no cérebro pela visão..."pela captação dos cones dos nossos olhos..." "são interpretadas pelos nossos olhos ..."	12
" as cores são identificadas pelas diferentes substâncias..." Chegam pela queima da pólvora e da reação química que percebemos as cores" Chegam aos nossos olhos porque contêm substâncias que diferenciam as cores.	6
TOTAL	33

Tabela 4. Exemplos de possíveis invariantes operatórios do tipo conceito-em-ação

Considerações Finais

Este trabalho apresenta resultados parciais de uma pesquisa de doutorado, cujo objetivo é contribuir para a compreensão dos processos cognitivos que levam à aprendizagem do campo conceitual da radiação eletromagnética, através dos conceitos iniciais presentes nos invariantes operatórios da radiação da luz visível. Os resultados apresentados referem-se a possíveis invariantes operatórios que surgiram nas situações iniciais propostas envolvendo conceitos de luz visível.

Os invariantes operatórios ainda são pouco explorados no campo conceitual de tópicos de FMC, dessa forma a pesquisa proporciona resultados para o ensino deste campo conceitual favorecendo outras pesquisas que estejam relacionadas com o tema.

Aspecto relevante para a pesquisa foram os conhecimentos prévios dos alunos. Estes tiveram um importante papel, tanto para a professora pesquisadora, na elaboração das situações-problema, quanto para o estudante, que ancora-se nos conhecimentos prévios para elaboração de novos. Na identificação dos invariantes operatórios iniciais das situações-problema ficaram evidenciadas as dificuldades dos estudantes para a aprendizagem destes conceitos. A partir destes resultados foram elaboradas outras situações que buscaram contribuir para formação dos diferentes campos conceituais de Radiação.

Cabe também ressaltar que a teoria dos campos conceituais de Vergnaud se mostra como importante referencial de aprendizagem para a área de ensino de Física, e um campo importante para a abordagem de situações problemáticas, que proporcionam aos estudantes uma aprendizagem com significados.

Desta forma, pudemos concluir que, para que o aluno construa um campo conceitual para radiação eletromagnética, deverá compreender muitas e diferentes situações, para que se aproprie dos conceitos e esquemas que fazem parte deste campo.

Referências

- CALHEIRO, L.B. *et al.* Inserção de tópicos de física de partículas integradas aos conteúdos de eletricidade. In: **Anais do IV SINECT**, Ponta Grossa – PR: UFPR, 2014.
- MOREIRA, M.A., UEPS. Porto Alegre: UFRGS, 2011. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/UEPSport.pdf>>
- OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Atualização do currículo de física na escola de nível médio: um estudo dessa problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação Inicial de professores. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Santa Catarina, v. 18, n. 2, p. 135-151, ago. 2001.
- PARISOTO, M. F. O ensino de conceitos do eletromagnetismo, óptica, ondas e Física moderna e contemporânea através de situações na Medicina. **Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, 2011.
- PEREIRA, D. R. O.; AGUIAR, O ensino de física no nível médio: tópicos de física moderna e experimentação. **Revista Ponto de Vista**, Vol. 3, pg.68, Florianópolis. 2002.
- SOUSA, W. B. ; PIETROCOLA, M.; UETA, N. (2009). Física das Radiações: Uma Proposta para o Ensino Médio. **Apresentação de Trabalho/Simpósio**.2009.
- VERGNAUD, G. A. Teoria dos campos conceituais. In Nasser, L. (Ed.) **Anais do 1º Seminário Internacional de Educação Matemática do Rio de Janeiro**. p. 1-26.1993.
- VERGNAUD, G. A. A comprehensive theory of representation for mathematics education. **Journal of Mathematical Behavior**, 17(2): 167-181.1998.

ANEXO 5

X CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE INVESTIGACIÓN
EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS

SEVILLA
5-8 de septiembre de 2017

A COMPREENSÃO DOS CONCEITOS DE RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA NO ENSINO MÉDIO À LUZ DOS CAMPOS CONCEITUAIS DE VERGNAUD

Lisiane Barcellos Calheiro, José Claudio Del Pino
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

RESUMO: Este trabalho apresenta resultados de uma das etapas da investigação de doutorado, na área de Educação em Ciências. Nosso objetivo, nesta etapa, foi fazer o levantamento de possíveis invariantes operatórios do campo conceitual de diferentes radiações eletromagnéticas, a partir de situações-problema, à luz da Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud. A proposta foi implementada no terceiro ano do Ensino Médio, com um grupo de 41 estudantes. Os resultados obtidos indicam que a aplicação das situações tem contribuído para uma melhor compreensão, no campo conceitual, das radiações eletromagnéticas. Mostrou, também, a importância de se conhecer os invariantes operatórios dos estudantes, pois este conhecimento facilita a elaboração das novas situações, ancoradas nestes invariantes iniciais, contribuindo para que o aluno amplie seu campo conceitual.

PALVARAS-CHAVES: radiação, campo conceitual, luz visível, infravermelho, invariantes operatórios.

OBJETIVOS: Este artigo tem como objetivo analisar os possíveis invariantes operatórios dos alunos do Ensino Médio dentro do campo conceitual das Radiações Eletromagnéticas. O trabalho faz parte de uma pesquisa de doutorado, na qual abordamos, em uma das etapas, os campos conceituais de diferentes tipos de radiações, a partir de situações propostas organizadas em unidades didáticas.

MARCO TEÓRICO

As radiações eletromagnéticas estão presentes em nosso cotidiano, de diferentes maneiras. Podem se manifestar na beleza do arco-íris, numa simples tarefa de aquecer um copo de leite no micro-ondas, ao ligar a televisão com o controle remoto ou em contextos mais complexos como no diagnóstico médico, ou no tratamento de doenças com a quimioterapia e a radioterapia.

Várias são as aplicações das radiações eletromagnéticas, com efeitos maléficos e benéficos, de tal forma que o estudo das mesmas, a nosso ver, se faz necessário na educação básica.

A Radiação, assim como, a Mecânica, Termologia e a Eletricidade possuem vários campos conceituais que não podem ser ensinados de imediato, nem como sistemas de conceitos, nem como conceitos isolados. É necessária uma perspectiva desenvolvimentista à aprendizagem desses campos (Moreira, 2002).

Do mesmo modo, a Radiação é um tema que possui diferentes abordagens, além de ter um enfoque interdisciplinar que permite sua contextualização. Assim, se faz necessário tornar os conceitos que

envolvem Radiação algo natural ao pensamento do estudante da escola básica, rompendo o paradigma do formalismo matemático através de estratégias que venham a privilegiar a formação de conceitos. Neste sentido, pensar numa proposta que permita aos estudantes, no contexto escolar, uma aproximação com conceitos científicos vivenciados pelos mesmos, capacita-os a entender os fenômenos que os rodeiam. Portanto, é fundamental, no planejamento didático, criar situações que possam enriquecer os conhecimentos prévios dos alunos, organizando essas situações dentro de campos conceituais.

Campo Conceitual

A teoria dos Campos Conceituais – TCC de Gérard Vergnaud é uma teoria psicológica cognitivista que pressupõe a conceitualização do real como o núcleo do desenvolvimento cognitivo. Vergnaud, através da sua teoria, procura investigar o sujeito do conhecimento em resposta a uma situação de ensino. Para ele, o conhecimento se encontra organizado em campos conceituais, dos quais os estudantes se apropriam ao longo do tempo, através da experiência, da maturidade e da aprendizagem (Moreira, 2002). Os campos conceituais são definidos por Vergnaud como:

um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento, conectados uns aos outros e, provavelmente, entrelaçados durante o processo de aquisição (Vergnaud, 1998).

Na TCC, a conceitualização é o fator determinante para o desenvolvimento cognitivo. Nela o autor destaca que a “situação” refere-se a uma tarefa, seja ela teórica ou empírica, que será realizada nos contextos culturais vivenciadas pelos sujeitos. Pelo fato do núcleo do desenvolvimento cognitivo ser a conceitualização, Vergnaud destaca que é preciso se deter aos aspectos conceituais dos esquemas e à análise conceitual das situações em que os alunos desenvolvem seus esquemas, tanto na escola quanto na vida real. Para Vergnaud (1994), o centro do desenvolvimento cognitivo é a conceitualização. Portanto, é fundamental compreendermos o que é conceito na TCC.

Para o autor, o conceito é tido como formado por três conjuntos: Primeiro, o conjunto das situações (S) que dão sentido ao conceito; segundo, os invariantes (I) sobre os quais repousa a operacionalidade dos conceitos. Os invariantes representam o significado do conceito; e terceiro, as representações simbólicas (R) que podem ser utilizadas para indicar e representar os invariantes. São identificadas como o significante do conceito (Vergnaud, 1993).

Greca e Moreira (2002) propuseram uma integração dos referenciais dos campos conceituais com os modelos mentais para o estudo das concepções dos estudantes no qual pode permitir uma melhor compreensão de alguns processos cognitivos na aprendizagem de conceitos científicos. Os autores propõem considerar os modelos mentais como representações mediadoras entre a situação e o conhecimento que o sujeito possui. Os conceitos-em-ação e os teoremas-em-ação guiam o processo de construção dos modelos mentais, na medida em que determinam os elementos da situação que resultam relevantes para o sujeito – ou seja, os elementos da situação que devem ser representados - e as propriedades que sobre eles podem ser aplicadas (Greca e Moreira, 2002).

A investigação relatada neste artigo apresenta os resultados de um estudo que visa analisar os conhecimentos prévios implícitos, que foram considerados como invariantes operatórios utilizados pelos alunos ao abordar as situações referentes aos tipos de radiações eletromagnéticas. Vergnaud defende que o domínio de situações prévias é importante para compreensão de situações novas e para entender a complexidade de diferentes conceitos.

Nesse sentido, é fundamental, que o professor, no seu planejamento didático, crie diferentes situações que possam engrandecer os esquemas dos alunos. Um conceito só é significativo quando se

variam as situações, apresentando inúmeras estratégias de ensino para que o sujeito crie seus esquemas e suas próprias ações e organizações (Moreira, 2011).




METODOLOGIA

O estudo foi realizado em 2016, em duas turmas do terceiro ano de uma escola estadual, na cidade de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil, com um grupo de 41 alunos sob a regência da primeira autora, durante a implementação de sequências didáticas, com o objetivo de inserir diferentes tipos de radiações, integrando-as aos conteúdos clássicos da Física.

Foram elaboradas diferentes situações (quadro 1) para detectar significados e indicadores de possíveis invariantes operatórios apresentados no campo conceitual da radiação eletromagnética.

Os invariantes podem ser expressos como os conhecimentos implícitos e explícitos nos esquemas, e constituem uma base para podermos elaborar outras situações, de forma a ampliar o campo conceitual estudado.

Quadro 1.
Situações- problemas A e B

SITUAÇÕES- PROBLEMA A	SITUAÇÕES- PROBLEMA B
<p><i>Situação A.1</i> - Explique o que você entende por luz visível.</p>	<p><i>Situação B.1</i> - Explique a partir da imagem 1 como é possível ligar a televisão ao apontar o controle remoto.</p>  <p>Fonte: www.jaraguatv.com/clientes-de-tv-paga-continua-caindo-no-brasil</p>
<p><i>Situação A.2</i> Observe a imagem e explique como nossos olhos podem distinguir as diferentes cores.</p>  <p>Imagem: http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica</p>	<p><i>Situação B.2</i> - Com base na imagem descreva e explique ao menos dois exemplos de conceitos ou fenômenos que se relacionem com a imagem.</p>  <p>Fonte: http://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2012/05/descreva-como-funcionam-os-olhos-de-visao-noturna.html</p>
<p><i>Situação A.3</i> - O arco-íris geralmente se forma após as chuvas. Como explicar o seu aparecimento e as cores que ele forma? Explique as relações existentes entre o arco-íris e a situação A.2.</p>	

Neste trabalho vamos explorar duas situações-problema iniciais. Estas situações, que fazem parte de uma das etapas da pesquisa, têm como objetivo levantar os possíveis invariantes operatórios prévios de dois tipos de radiações eletromagnéticas, para identificar a estrutura conceitual dos estudantes.

Na primeira situação, denominada situação-problema A, foram elaboradas três situações problemáticas com o objetivo de investigar os possíveis invariantes operatórios iniciais da radiação da luz visível. Na situação A.1, o nosso foco foi introduzir o conceito de luz visível, que possui natureza eletromagnética, se desloca no vácuo, pode chegar até nós vinda do sol e de outras estrelas interagindo com toda matéria. Podemos dizer que a luz visível é a radiação eletromagnética percebida por nossos olhos.

Na segunda, situação-problema B, foram elaboradas duas situações com o objetivo de explorar os invariantes iniciais da radiação infravermelha. Na situação B1, o nosso objetivo foi introduzir o conceito da radiação infravermelha. Esta tem natureza eletromagnética, e é uma radiação que age numa frequência além da capacidade humana de visão, ou seja, é invisível aos nossos olhos. Está presente

no cotidiano dos estudantes, sendo utilizada na troca de informações entre computadores, celulares e outros eletrônicos numa tecnologia denominada *Bluetooth*, e podem ser percebidos em objetos quentes, pois sentimos a presença de raios infravermelhos quando aproximamos as mãos de uma fogueira.

RESULTADOS

As repostas dos alunos para as duas situações analisadas neste trabalho dizem respeito ao estudo preliminar das ideias prévias sobre dois tipos de radiações eletromagnéticas. O objetivo foi identificar o conhecimento dos alunos a partir dos possíveis invariantes operatórios emergidos das situações.

Situação A.1. Explique o que você entende por luz visível

Nesta questão investigamos o conhecimento prévio do aluno sobre o que ele entendia por luz visível. O conceito de luz não se forma dentro de um só tipo de radiação, e nos leva a uma vasta lista de tópicos que podem ser explorados em diferentes tipos de situações.

Durante a implementação da situação 1, dos 41 alunos 38 responderam e 3 deixaram sem resposta. A partir das respostas dos estudantes pudemos identificar diferentes invariantes operatórios com uma maior ocorrência no tipo conceito-em-ação, pois algumas das respostas são consideradas pertinentes ao campo conceitual estudado. Para exemplificar apresentamos alguns destes possíveis invariantes (quadro 2). Há vários conceitos-em-ação distintos implícitos na compreensão dessa situação: energia, queima de substância, energia solar.

Quadro 2.
Possíveis invariantes do tipo conceito-em-ação (transcrição das respostas)

Invariante operatório do tipo conceito-em-ação	Número de alunos
Luz produzida a partir da energia...	6
A luz como uma transformação da energia solar...	6
A luz visível se manifesta na lâmpada...	5
O visível da luz ocorre a partir da eletricidade...	8
A luz se manifesta de fogos, da queima de substâncias....	2
....a luz visível é a energia liberada dos corpos....	1
TOTAL	28

Nota-se, pelo quadro 2, que ao responder a situação os alunos fazem relações em função do termo, do processo, da ação que este objeto de estudo pode proporcionar, e não em função da definição propriamente dita, pois estes alunos se apoiam no senso comum e nos contextos vivenciados. Os conceitos-em-ação emergidos podem tornar-se verdadeiros conceitos e teoremas científicos.

Estes invariantes permitiram à professora elaborar diferentes situações, que serviram de âncora para a formação do campo conceitual de luz visível.

Num menor número, observamos possíveis invariantes operatórios do tipo teorema-em-ação (quadro 3).

Nesta categoria consideramos o pensamento do estudante como verdadeiro sobre o real a ser estudado.

Quadro 3.
Possíveis invariantes do tipo teorema-em-ação (transcrição das respostas)

Invariante operatório do tipo teorema-em-ação	Número de alunos
.....os fótons produzem luz e as cores	1
Os átomos se chocam numa determinada frequência	1
A luz visível se dá a partir do movimento de partículas.....	1
A partir da explosão da matéria.....ou fusão dos elementos	2
Através de ondas eletromagnéticas e saltos nas camadas dos átomos	1
Luz produzida a partir da corrente elétrica e do campo magnético...	2
...a luz pode ser explicada a partir dos átomos, elétrons, prótons...↓..	2
TOTAL	10

Observa-se, a partir das respostas dos alunos no quadro 3, que poucos apresentaram invariantes coerentes com os cientificamente aceitos, sendo as respostas confusas e com poucos argumentos para determiná-los.

Dessa forma, para termos certeza que os invariantes acima citados estão realmente dentro do campo conceitual de luz visível, se fez necessário aplicar outras situações-problema que possibilitaram aos estudantes externalizar explicações para as respostas dadas.

Situação B1. Explique a partir da imagem 1 (quadro1) como é possível ligar a televisão ao apontar o controle remoto.

Nesta situação-problema buscamos possíveis invariantes operatórios do campo conceitual da radiação infravermelha através de uma questão voltada ao dia a dia dos estudantes, e também para verificar se estes têm conhecimento de como funciona as diferentes tecnologias que utilizam.

As respostas (quadro 4) demonstram novamente a relação de função do objeto com a situação apresentada. Os possíveis invariantes aqui demonstrados não foram explicados de forma coerente ao campo conceitual pretendido, porém, algumas explicações se apresentaram coerentes com a possibilidade de progressivamente se tornarem conceitos e teoremas científicos.

Quadro 4.
Possíveis invariantes do tipo conceito-em-ação (transcrição das respostas)

Invariante operatório do tipo conceito-em-ação	Número de alunos
Através do calor que sai do controle	2
Liga a televisão como o funcionamento do laser	1
O controle tem energia das pilhas...	4
Liga porque tem eletricidade...	2
Ondas magnéticas acionam o controle...	1
TOTAL	11

É interessante notar que nesta situação os invariantes com maior incidência se encontram no quadro 5, isto é, levam ao indicador do teorema-em-ação, demonstrando que os alunos relacionam o funcionamento do controle remoto à radiação eletromagnética. Porém, numa segunda situação implementada, onde foi pedido aos alunos que explicassem o funcionamento, estes não souberam explicar, apenas respondendo que ouviram alhures.

Nota-se que mesmo com uma grande diversidade de informações expostas na mídia, 8 alunos não responderam a situação, argumentando que não entendiam o funcionamento do controle remoto.

Quadro 5.
Possíveis invariantes do tipo teorema-em-ação (transcrição das respostas)

Invariante operatório do tipo teorema-em-ação	Número de alunos
O controle se liga a partir de ondas eletromagnéticas; ...manda uma onda e a tv recebe o sensor e liga...uma onda emite o sinal...	8
Aciona um dispositivo por meio de radiação	4
Raio infravermelho... infravermelho	11
TOTAL	23

As situações analisadas serviram de âncora para elaboração de situações mais específicas e com um grau maior de dificuldade e aprofundamento sobre as radiações envolvidas, pois as situações constituem a principal entrada de um campo conceitual, e este requer o domínio de vários conceitos de naturezas diversas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nossa intenção, com o presente artigo, foi apresentar resultados parciais de uma pesquisa de doutorado, com o objetivo de contribuir para a compreensão dos processos cognitivos que levam à aprendizagem do campo conceitual da Radiação. Este campo conceitual é amplo e apresenta diferentes conceitos científicos que devem estar presentes nos esquemas elaborados pelos estudantes.

Os resultados apresentados neste trabalho referem-se a possíveis invariantes operatórios que apareceram nas situações iniciais propostas. Estas envolveram conceitos de luz visível e infravermelho, no campo conceitual da radiação eletromagnética.

Os conhecimentos prévios dos alunos tiveram um importante papel, tanto para a professora pesquisadora, na elaboração de situações-problemas, como para o estudante, pois ele ancora-se nestes conhecimentos para elaboração de novos.

Também identificamos, a partir dos invariantes operatórios iniciais emergidos das situações-problemas, as dificuldades dos estudantes na aprendizagem destes conceitos.

Desta forma, pudemos concluir que para o aluno construir um campo conceitual para radiação eletromagnética, deverá compreender muitas e diferentes situações, se apropriando dos conceitos e esquemas que fazem parte deste campo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GRECA, I. M. & MOREIRA, M. A (2002). Além da detecção de modelos mentais dos estudantes. Uma proposta representacional integradora. *Investigação em ensino de ciencias*, p. 31-53.
- MOREIRA, M.A.(2002). A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7(1): 7-29.
- (2011). Teorias da Aprendizagem. 2ª Ed. São Paulo: EPU.
- VERGNAUD, G. (1993). Teoria dos campos conceituais. In Nasser, L. (Ed.) *Anais do 1º Seminário Internacional de Educação Matemática* do Rio de Janeiro. p. 1-26.
- (1994) Multiplicative conceptual field: what and why? In: The development of multiplicative reasoning in the learning of mathematics. Guershon, H. ; Confrey, J. (eds). Albany: State University of New York Press.
- (1998) comprehensive theory of representation for Mathematics Education. *Journal of Mathematical Behavior*, v. 2, n. 17, p. 167-181.